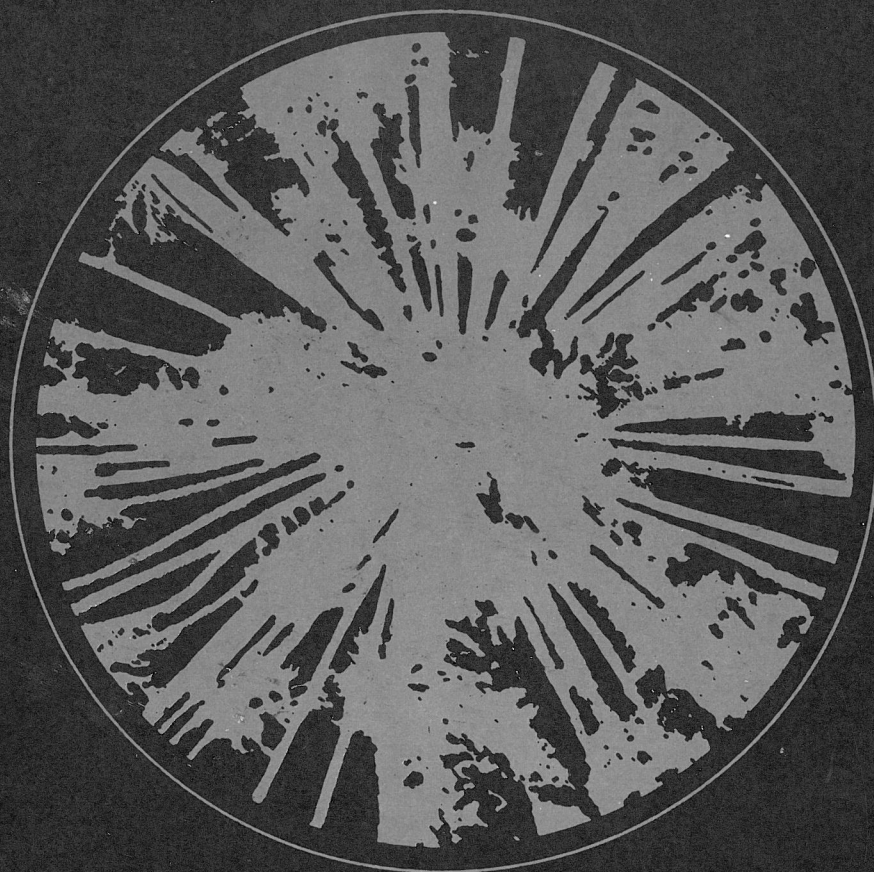


# SILVICULTURA

EDIÇÃO  
ESPECIAL

DEZEMBRO 1977

**Seminário**



**FLORESTA**  
**potencial energético brasileiro**

---

**ANAIS**

---

# SILVICULTURA

EDIÇÃO ESPECIAL  
ANAIIS



## Seminário **FLORESTA** potencial energético brasileiro

### Sumário

— Editorial	2	— Brasil: como aproveitar o gigante da Biomassa	
— Recomendações da SBS	4	Wolfgang G. Glasser	106
— Lista de Participantes	6	— Floresta Amazônica no Contexto Energético Brasileiro	
— A Organização	7	Clara Pandolfo	113
— Um Encontro Prestigiado	10	— Programa de Racionalização da Siderurgia a Carvão Vegetal: A Madeira como Fonte de Energia	
— Utilização da Biomassa, Uma Opção Nacional	14	José Israel Vargas	122
Sérgio Lupattelli		— Governo e Empresas Devem Caminhar Juntos	
— Dominar a Tecnologia é Imprescindível ao Brasil	16	Alysson Paulinelli	137
Max Feffer		— Pirólise da Madeira Usina de Auvergne, França	
— É Urgente Achar Alternativas para Novas Fontes Energéticas	18	Maurice Bergonzo	142
Adalberto Pereira dos Santos		— Hidrólise da Madeira Usina de Xilita, Finlândia	
— Os Processos Hidrolíticos no Aproveitamento dos Recursos Renováveis	21	Antônio C. Quintella	154
J. C. Perrone		— Produção de Carburante Derivado da Cana-de-Açúcar	
— Estratégias e Prioridades no Uso da Madeira para Minimizar a Crise Energética	34	Pierre M. A. Marcel Chenu	163
Jerome F. Saeman		— Produção de Carburante Derivado da Mandioca	
— Política Florestal e Aproveitamento da Energia Fotossintética em Programas Especiais	50	Sérgio Trindade	170
Carlos E. Thibau		— Energia Derivada do Agupapé	
— Principais Programas de Biomassa-Madeira EUA	63	Aldo Vieira da Rosa	178
George C. Szego		— Conciliação dos Aspectos Econômicos e Ecológicos levam ao Objetivo Social	
— Energia da Madeira e de Resíduos: Estágio Atual da Pesquisa e da Prática na Alemanha Ocidental	71	Sérgio C. Lupattelli	185
Wilhelm Patzak		— Um Balanço do Seminário Energético	
— A Floresta Plantada como Fonte de Energia e de Matéria-Prima para a Indústria Química	84	Laerte Setúbal Filho	187
Alberto Pereira de Castro		— O Objetivo é Racionalizar o Uso da Energia	
		Shigeaki Ueki	189
		— 10 Anos de Reflorestamento Incentivado: Protocolo de Intenções	
			191



---

## EDITORIAL

---

*As estatísticas comprovam que, historicamente, a madeira tem tido densidade das mais significativas no balanço energético brasileiro. Posição que deverá ser perpetuada se considerarmos a reconhecida e inegável vocação nacional em relação à produção de biomassa. Por isso, mais que uma simples postura em relação ao momentoso tema, o Seminário "Floresta — Potencial Energético Brasileiro" representou o marco inicial de um novo processo de desenvolvimento em bases essencialmente autóctones.*

*Acreditamos — resultados começam a se delinear claramente — que esse evento promovido pela Sociedade Brasileira de Silvicultura assinalou o ingresso do País na chamada Próxima Era da Madeira que tão decantada tem sido por ilustres autoridades mundiais do pós-guerra. E esse aspecto não traz em seu bojo nenhuma posição retrógada que implique numa volta ao passado. Ele firma, pura e simplesmente, uma opção realista para o futuro.*

*Não ignoramos que muitos desafios, tanto de ordem técnica quanto de natureza política e econômica, deverão preceder o advento da conquista de uma moderna e permanente xiloquímica. Mas anima-nos a contrapartida da segurança da viabilidade técnica que nos capacitará a substituição parcial ou até mesmo total da petroquímica pela xiloquímica. Um caminho irreversível o de buscar o suprimento energético nos recursos naturais renováveis — e por isso, perenes — em substituição aos recursos também naturais, mas não renováveis, próximos do esgotamento.*

*As pesquisas desenvolvidas em todo o mundo, no Brasil inclusive, deixam os laboratórios e começam a enveredar pelos caminhos da prática: a unidade piloto instalada pelo Instituto Nacional de Tecnologia, no Rio de Janeiro, para hidrólise da madeira, é realidade visível; a usina piloto em implantação no Estado de Minas Gerais, através de sua Secretaria de Ciência e Tecnologia, para pirólise da madeira consubstancia uma outra realidade.*

---

---

---

*Vencidos os desafios de ordem tecnológica, começam a ser enfrentados os que se enquadram no âmbito econômico, penderes de um conjunto de variáveis sujeitas a mutações constantes no tempo e no espaço. Não temos receio algum, nesse aspecto, pois o argumento linear de eliminar processos por inviabilidade econômica, por si só, não representa barreira expressiva. O argumento, capcioso, envolve apenas um raciocínio simplista. A anti-economicidade de hoje fatalmente cairá por terra ante as exigências do amanhã próximo. Uma regra, devemos assinalar, sem excessão no exame histórico dos processos energéticos em escala mundial.*

*“Para o Brasil — recorda um dos mais renomados estudiosos da matéria — o mais importante não é ter alternativas energéticas de menores custos equivalentes em cruzeiros; efetivamente importante é não gastar dólares”.*

*Resta o desafio de natureza política. Aparentemente simples, ele é, paradoxalmente, o mais complexo por envolver elementos subjetivos de avaliação e conter pequenas parcelas de cada um dos demais. Sua superação, pendente do momento adequado, está diretamente relacionada com a argúcia e sensibilidade do verdadeiro estadista, após análise acurada. Uma questão, basicamente, de oportunidade.*

*Motivando homens de Governo e da iniciativa privada, com poder de decisão, o Seminário cumpriu — assim acreditamos — o seu objetivo. Seus segmentos, estamos certos, poderão em breve ser mensurados na gama dos benefícios que advirão. Ele, de fato, não se encerrou na cerimônia de encerramento. Uma de suas primeiras conseqüências, dentre outras tantas, é a avaliação da vigência dos dez anos de incentivos fiscais para florestamento e reflorestamento em suas diversas áreas de impacto. Um projeto em que todos nós da SBS, com o apoio decidido de entidades privadas e governamentais, já estamos engajados com o vigor do empenho requerido para a profundidade de trabalhos desse porte.*

---

---

**Sérgio Lupattelli**



# CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

**1** É patente a preocupação mundial com a problemática energética e a busca de fontes alternativas renováveis.

O Seminário concluiu que o Brasil possui condições excepcionais para a utilização de biomassa florestal nativa e plantada. O elevado índice solarimétrico, a extensão de terras com vocação florestal, a tecnologia desenvolvida para o setor, juntamente com a política do reflorestamento incentivado foram fatores decisivos na implantação de florestas de rápido crescimento.

**RECOMENDA**, portanto, seja feita uma avaliação do potencial florestal brasileiro, resultante principalmente do reflorestamento incentivado e dos mecanismos governamentais que influenciam a geração deste potencial.

**2** Existe uma tendência histórica de aproveitamento ineficiente das grandes áreas florestais brasileiras, com a conseqüente diminuição dos recursos existentes.

**RECOMENDA**, assim, que nas áreas florestais ainda não ocupadas sejam estabelecidos parâmetros que possibilitem a integração floresta-indústria, em regime de produção sustentada.

**3** A pirólise, tendo desenvolvimento industrial conhecido, merece a devida atenção na situação brasileira, especialmente visando a gama de produtos resultantes bem como a logística de suprimento do processo.

**RECOMENDA** a consolidação desses conhecimentos para formular, a médio prazo, processo de industrialização aplicável ao País.

**4** O desenvolvimento do Programa Siderúrgico a Carvão Vegetal, integrado a reflorestamentos, é viável pela sua economia e tecnologia desenvolvida no País.

**RECOMENDA**, quanto à produção de carvão vegetal, a implantação de processos de carbonização que aproveitem os demais produtos da madeira.

**5** A hidrólise da madeira, orientada principalmente para a produção de etanol, viabilizada a nível técnico, deverá ser desenvolvida em escala piloto, como base para sua futura industrialização.

A peculiaridade da existência de grande quantidade de recursos florestais em regiões sem infraestrutura para geração de energia elétrica pelos métodos convencionais levou o Seminário a recomendar estudos de viabilidade da instalação de usinas termoelétricas em tais regiões, o que permitirá o desenvolvimento de novos espaços econômicos do País, ressalvados os cuidados de reposição e de controle ambiental.

6

Foi evidenciado que a atividade florestal brasileira, tanto no setor primário como secundário, enfrenta um problema crônico de baixo aproveitamento de resíduos florestais, o que interfere no balanço energético do processo produtivo.

7

**RECOMENDA**, portanto, minimizar os desperdícios para maior aproveitamento de resíduos nas fases de exploração florestal e de processamento da matéria-prima.

O Seminário ressaltou que a madeira está sendo substituída por sucedâneos que consomem grandes quantidades de energia em sua produção.

8

**RECOMENDA**, desta forma, que sejam identificadas estas áreas, para que se possa economizar energia.

O Seminário evidenciou que o intercâmbio entre especialistas nacionais e estrangeiros foi mutuamente benéfico. Além disto, os representantes estrangeiros presentes ao conclave foram credenciados pelos seus respectivos governos para oferecer transferência de tecnologia própria adaptável à realidade nacional.

9

**RECOMENDA**, portanto, que o Governo brasileiro atue no sentido de institucionalizar programas de cooperação tecnológica no campo florestal e de aproveitamento energético da madeira.

O máximo aproveitamento do potencial energético da floresta brasileira dependerá de sua colocação no plano geral do País.

10

É, portanto, recomendável, face à conjuntura energética, que a necessária prioridade seja estabelecida, e que isto se traduza na intensificação de pesquisas e na formulação de projetos específicos.



A peculiaridade da existência de grande quantidade de recursos florestais em regiões sem infraestrutura para geração de energia elétrica pelos métodos convencionais levou o Seminário a recomendar estudos de viabilidade da instalação de usinas termoelétricas em tais regiões, o que permitirá o desenvolvimento de novos espaços econômicos do País, ressalvados os cuidados de reposição e de controle ambiental.

6

Foi evidenciado que a atividade florestal brasileira, tanto no setor primário como secundário, enfrenta um problema crônico de baixo aproveitamento de resíduos florestais, o que interfere no balanço energético do processo produtivo.

7

**RECOMENDA**, portanto, minimizar os desperdícios para maior aproveitamento de resíduos nas fases de exploração florestal e de processamento da matéria-prima.

O Seminário ressaltou que a madeira está sendo substituída por sucedâneos que consomem grandes quantidades de energia em sua produção.

8

**RECOMENDA**, desta forma, que sejam identificadas estas áreas, para que se possa economizar energia.

O Seminário evidenciou que o intercâmbio entre especialistas nacionais e estrangeiros foi mutuamente benéfico. Além disto, os representantes estrangeiros presentes ao conclave foram credenciados pelos seus respectivos governos para oferecer transferência de tecnologia própria adaptável à realidade nacional.

9

**RECOMENDA**, portanto, que o Governo brasileiro atue no sentido de institucionalizar programas de cooperação tecnológica no campo florestal e de aproveitamento energético da madeira.

O máximo aproveitamento do potencial energético da floresta brasileira dependerá de sua colocação no plano geral do País.

10

É, portanto, recomendável, face à conjuntura energética, que a necessária prioridade seja estabelecida, e que isto se traduza na intensificação de pesquisas e na formulação de projetos específicos.

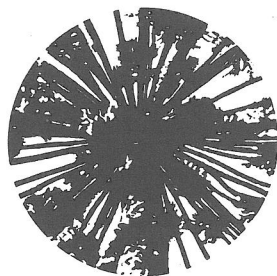
# LISTA DE PARTICIPANTES

- A Rural Mineira S.A.**  
Vagner Pereira Filho  
Hélio de Campos Valadares  
**Adiflor S/A — Agro Comercial Indl.**  
Felisberto Brant de Carvalho  
**Assembléia Legislativa — RS**  
Aldo Pinto da Silva  
**Associação Brasileira de Carvão Vegetal**  
Ronaro Machado Corrêa  
**Associação Brasileira das Empresas de Reflorestamento — Arbra**  
Nelson Pedrotti  
**Associação Brasileira de Celulose e Papel**  
Alberto Fernandez  
Leônidas Levitinas  
Liesse Alexandre Saib  
**Agro Florestal Escandinava**  
Marconi Barbosa Isolan  
**Astra-Brasil Utilidades Domésticas**  
Albino Datterli  
**Aracruz Florestal S.A.**  
Leopoldo Garcia Brandão  
**Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico**  
Roberto Thimoteo da Costa  
**Banco Real S.A.**  
Geraldo Magela Gouveia  
José Fernandes Arruda  
Leônidas N. Andrade  
Norio Kimura  
Wilson Maniero  
Frederico C. Vasconcellos  
Roberto C. Morais  
**Brascan — RJ**  
Fernando de Albuquerque  
**Brasilinvest S.A.**  
Luiz Carlos Morais Rego  
Antonio Carlos Madureira Pinho  
Luiz Carlos de Morais Junqueira  
**Braskraft S.A.**  
José Silveira Rivelli  
Clorival Arioli  
**CPFRA — Prodepef — Belém PA**  
Isabel Curiá Cabral  
**Cacique — Exportadora e Importadora S.A.**  
João Antonio Iversson  
**CCE — Indústria e Comércio Comp. Eletr.**  
João Tadeu Rodrigues Oliveira  
**Cia. Energética de São Paulo**  
Eduardo Sabino de Oliveira  
Yoshio Kawamura  
Reginaldo Romani  
**Cerâmica Togni S.A.**  
Anibal S. Togni  
**Champion Papel e Celulose**  
Manoel de Freitas  
Joseph Chanel Gallant  
Douglas da Silva Girio  
**Ciba-Geigy — Indústrias Químicas S.A.**  
Walter Kleinszig  
**Cimetal Florestas Ltda.**  
Rogério Noce Rocha  
**Ceplac**  
Paulo de Tarso Alvim  
**Companhia Agr. e Florestal Santa Bárbara**  
Paul Marie Mayer  
José Luiz de Magalhães Neto  
Carlito Amaral Caldeira  
Walter Suiter Filho  
**COAGRI — MG**  
Hugo Pellegrino de Miranda Neto  
**Companhia Atlantic Petróleo**  
James Ian Robertson  
Manoel Pinheiro Mourela  
Alfredo Moutinho  
**Cia. Ind. Florestais do R. G. Sul**  
Edmundo Gardolinski Junior  
**Companhia Siderúrgica Mogi das Cruzes**  
Ernani Bittencourt Cotrim Filho
- Companhia Suzano de Papel e Celulose**  
Alexandre E. C. Perego  
Luiz G. Murat Junior  
Benjamin Solitrenick  
Gunnar Nicolai Edwar Krogh  
Antanos Stonis  
**Companhia T. Janer Comércio e Indústria**  
Rudolf Robert Hinner  
**Companhia Vale do Rio Doce**  
Roberto Flávio Ottoni Barbosa  
**Companhia Vale do R. Roosevelt**  
Otacílio Soares de Souza  
Stérgio Casali Prandini  
**Construtora Andrade Gutierrez**  
Pedro Paulo Dias Ladeira  
Manoel da Silva Costa Junior  
**Coord. Pesquisas e Recursos Naturais — SP**  
Octávio Amaral Gurgel Filho  
**Correio Agro-Pecuário**  
Louis Frederic Hippolyte  
**Confederação Nacional da Indústria — RJ**  
Eduardo Monteiro Mattos  
**Dasotec — Engenharia Florestal Ltda.**  
Juracy Cordeiro da Silva  
**Dekalit S.A.**  
Eduardo Klovzra  
**Duraflora Silv. e Com. Ltda.**  
João Moura  
Mário Colombelli  
**Duratex S.A. Indústria e Comércio**  
Laerte Setúbal Filho  
Cesar Calvo Huidobro  
Sebastião Rensi Coelho  
**E.I.M. — Engenharia P/Indústria Mineral S.A.**  
Paul Kaiser  
**Eletrobraz — RJ**  
Antonio Carlos F. Queiroz  
**Embrasca — Empreendimentos Florestais e Agrícolas Ltda.**  
Luiz Carlos Meinert  
Geraldo Bruhns São Clemente  
João Maciel de Moura  
**Empreendimentos Florestais S.A. — Flonibra**  
Dalmo Leme Pragana  
Jayme Mascarenhas Sobrinho  
José Augusto de Castro Freitas  
**Empreendimentos Brasileiros de Pesquisas Agropecuárias — Embrapa**  
Gildo Calabria de Azevedo  
**Engenharia Consultiva**  
Felipe José Vicente de Azevedo Franceschini  
**Escola Politécnica de São Paulo**  
Luiz Fernando G. Graça  
**Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**  
José Otávio Brito  
**Eucatex S.A. Indústria e Comércio**  
Roberto Maluf  
Karl Heinrich Friedrich  
Gerard François Duchene  
**Fazenda Vereda Tropical — AM**  
Edvin Schroder  
**Fundação Para o Desenvolvimento Tecnológico da Engenharia — SP**  
Luiz Eduardo Lima  
Ronan Castejan C. Rosa  
Oswaldo Fadigas Fontes Torres  
**Financial Empreendimentos Florestais**  
Herman Lescher  
Manoel Rezende  
Luiz Roberto Ramalho  
**Finep — Financiadora de Estudos e Projetos**  
Reinaldo Araújo  
Carlos Antonio Lopes Moreira  
Miguel Martins Chaves  
Gerson Edson Ferreira Filho  
Marcos Francisco de Almeida  
Celso Chaves  
Eliane de Britto Bahrtl
- Pedro Motta de Barros  
Mauro Oscardin  
Paulo Denis Marques Silva  
Clóvis Bucich  
Luiz F. Neimayer  
Shiro Miysaka  
**Florestal Acesita S.A.**  
Marco Aurélio A. C. Machado  
Maurício Hasenclever  
**Freudenberg Inds. Mads. S.A.**  
Vlastimil Kopacek  
Hans Barleben  
José Augusto Mansi  
**Fundação Centro Estadual Com. Ext.**  
Luiz Coelho Correa da Silva  
**Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais**  
Mauro Rodrigues de Almeida  
Joffre Batista de Oliveira  
Antonio Paulo C. S. Mendes  
**Fundação Rural Mineira**  
Geraldo José dos Santos  
**Fundep — MG**  
George Washington Gomes de Moraes  
**Fundição Tupi S.A.**  
Herbert Schwarz  
**Guataparã Florestal S.A.**  
Márcio Geraldo Arantes Brito  
**Indústrias Klabin do Paraná de Celulose S.A.**  
Arthur Oscar Dobstein  
Alfredo Lobl  
José Benedito Aranha  
Raul Spelts  
**Ind. de Papel Simão S.A.**  
Jamil Nicolau Aun  
Antonio Lopes  
Alaôr de Almeida Araújo  
**Industrial Madeireira do Paraná**  
José Luiz Bolicenha  
**Indústrias Madeirit S.A.**  
Ruben de Mello  
Carlos Roberto Prescrave Mello  
Sylvio A. Coutinho Neto  
**Instituto do Açúcar e Alcool — Planalsucar**  
Salvador Elias Ferrari  
**Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal — IBDF**  
Oswaldo Roque de Assis  
Francisco Neves  
Aroldo Crepaldi  
Antenor Gonçalves Bastos  
José Nascimento Ceccato  
Paulo Vianna  
Celso Soares de Castro  
Mauro da Silva Reis  
Erasto Kost  
Orlando da Silva  
Antonio Valentin Giacomiti  
Fausto Leite Praça  
Ana Carolina Costa  
Luiz Antonio Uchôa  
Carlos Celso Gonçalves de Oliveira  
Célia Paiva dos Santos Filho  
Manoel Sobral Filho  
**IBGE**  
Orlando Valverde  
Wanderbilt Duarte de Barros  
**Inst. de Desenvolvimento de Indústrias - MG**  
Cristina Maria Amorim Moreno  
João Luiz Senra de Vilhena  
Milcíades Menezes  
**Instituto de Desenvolvimento de Pernambuco — Condepe**  
Fernando Antonio Wanderley Gonçalves  
José Aécio Correa de Araújo

(Continua na pág. 8)



# Seminário



# FLORESTA

## potencial energético brasileiro

---

### COMISSÃO ORGANIZADORA

---

**Presidente de Honra**

Max Feffer — Secretário da Cultura, Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo

**Presidente da Sociedade Brasileira de Silvicultura**

Sérgio Carlos Lupattelli

**Presidente da Comissão Organizadora**

Laerte Setúbal Filho — 1.º vice-presidente da Sociedade Brasileira de Silvicultura e vice-presidente da Federação das Indústrias do Estado de São Paulo

**Membros da Comissão**

Affonso Armando de Lima Vitule, presidente da Associação Brasileira das Empresas de Reflorestamento — ARBRA; Armando Martins Clemente, presidente da Associação Bahiana de Reflorestamento; Cesar Calvo, diretor da Itaúplan; Herbert Victor Levy, deputado federal — presidente do Conselho de Administração do Banco Itaú S.A.; Horácio Cherkassky, presidente da Associação Paulista dos Fabricantes de Papel e Celulose; Jamil Nicolau Aún, presidente do Sindicato da Indústria de Papel, Celulose e Pasta de Madeira para Papel no Estado de São Paulo; José Benedito Aranha, diretor Financeiro da Indústria Klabin do Paraná de Celulose S.A.; Leopoldo Garcia Brandão, presidente do Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais — IPEF; Mendo Sampaio, diretor da Madeireira Sintética do Nordeste S.A.; e Roberto Maluf, presidente do Sindicato da Indústria de Serrarias, Carpintarias, Tanoarias, Madeiras Compensadas, e Laminados, Aglomerados e Chapas de Fibra de Madeira no Estado de São Paulo.

**Comitê Técnico-Administrativo do Programa Energético da SBS**

Mauro Antonio Moraes Victor (coordenador); Luiz Augusto Garaldi de Almeida e Alaôr José Gomes.

**Moderadores (Seminário e Painel)**

Paulo de Tarso Alvim; Helládio do Amaral Mello; Paulo R. Camargo; Luiz Augusto G. de Almeida; Mário A. Fagundes; Haroldo Matos de Lemos; Mauro Reis; Alberto P. de Castro; Eduardo Simonsen Filho; Eduardo Matarazzo; Nelson Levy.

**PATROCINADORES**

FINEP — Financiadora de Estudos e Projetos — Secretaria Especial do Planejamento  
Secretaria da Cultura, Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo  
IBDF — Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal

**COLABORADORES**

Banco Real S.A.  
Coruja Fotolito Ltda.  
Duratex S.A. Indústria e Comércio  
Eucatex S.A. Indústria e Comércio  
Indústrias Reunidas Irmãos Spina S.A.  
Lápis Johann Fabber S.A.  
Nashua do Brasil S.A.  
Olinkraft Celulose e Papel Ltda.  
Prefeitura Municipal de São Paulo  
S.A. O Estado de São Paulo  
TV Cultura

**Instituto de Energia Atômica — SP**  
 Roberto Teixeira Pessine  
 Márcia Reginal Hoelz Barros  
 Ernesto Venezia

**Instituto Estadual de Florestas — ES**  
 Cyro Pinheiro Ramalho

**Instituto Estadual de Florestas — MG**  
 Sebastião M. Ferreira da Silva

**Inst. Inhangá de Pesquisas e Florestamento**  
 Antonio Soares de Almeida

**Instituto de Pesquisas Tecnológicas — IPT**  
 Israel Gochnarg  
 Nedon Eston de Eston  
 Ennio Silva Lepage  
 Rosely Maria V. Assumpção  
 Márcio Nahuz  
 Maria Celina Santana Jordão  
 Kenji Takemoto  
 Oscar A. Terada  
 Oscar de Nucci  
 Alberto Pereira de Castro  
 Alberto Ferreira Lima

**Itapeva Florestal Ltda.**  
 Antonio C. Rodrigues Alves  
 Léo Chueri  
 André M. G. Briquetot

**Itaú S.A. — Planejamento e Engenharia**  
 Mauro Villela de Andrade  
 Margareth Guimarães Cunha  
 Oswaldo Travassos

**Jaakko Poyry Engenharia**  
 Valentin Irineu Suchek  
 Ernesto Rugilo

**Lages Reflorestamento Ltda.**  
 Thomas B. Davis

**Lurgi do Brasil Ltda.**  
 G. H. Mandred Effenberger

**Manasa — Madeireira Nacional S.A.**  
 Sérgio Carlos Lupattelli

Célio Teixeira Cunha  
 Jalmir Cavadas de Souza

**Massey Ferguson**  
 Francisco Carramenha e Costa

**Mercedes-Benz do Brasil S.A.**  
 Erich Ferdinand Luedecke

**Metalur Florestal S.A.**  
 Ronaldo José Vicentin  
 José Correa Antunes  
 José Ludigero R. F. Rocha

**Metalúrgica Reunida Optima Ltda.**  
 Josef Serwaczak

**Mendes Junior Rust Eng. Montagem Ltda.**  
 Liomar Albuquerque Schil

**Modo-Battistela Refl. S.A.**  
 Hildo José Batistella

**Modo Brasil Com. e Ind. Ltda.**  
 Per Erick Tannlund  
 Carlos A. Scarpelli

**Moosmayer Associados**  
 Heinrich Moosmayer

**Olinkraft Celulose e Papel**  
 Peter W. Prange

**Paranaprint S.A.**  
 Célio V. dos Santos Filho  
 Silvio Smelstein

**Planebrás — Com. e Plan. Florestais S.A.**  
 Paulo G. Cunha

**Planima Reflorestamento Ltda.**  
 Luiz Cláudio F. Ricci

**Plantar S.A. — Planejamento Técnico**  
 Gualter de Moura Alves  
 Geraldo Alves de Moura  
 Duilio Carlos F. Mattos

**Plantar — Planejamento Técnico e Administração de Atividades Rurais Ltda.**  
 Armando Martins Clemente  
 Carlos Augusto Lerro Barreto  
 Luiz Marcos Suplicy Hafers

**Pereira Sobral S.A.**  
 Bernardino Q. Guimarães

**Pinusplan Reflorestadora**  
 Ismar Ramos  
 Antonio Gentil Gomes

**"Pro-Árvore" — Empreendimentos Florestais S.A.**  
 Antonio Rioretti  
 Marcos Sartori

**Proflora S.A.**  
 Norton Bezerra de Figueiredo

**Ramires S.A. Reflorestamentos**  
 Vincenzo Malzone  
 Antonio Carlos de Campos  
 Luiz Calvo Ramires

**Real Reflores. Engenharia Administração**  
 Renato Bueno Neto

**Reflorestamento Inv. S.A.**  
 João Carlos Tucci  
 João Arnaldo Tucci  
 Luiz Carlos D. B. Marchiori

**Rhodia Indústrias Química e Têxtil S.A.**  
 Spartaco Bassi  
 Jacek Gorezky  
 Paulo Be Ringer  
 Daniel A. Marie Peigne

**Reflorestamento Sacramento Resa**  
 Geraldo Erico Spetz  
 Nelson Luiz F. Levy  
 Paulo Blaser

**Rio Doce Engenharia e Planejamento S.A.**  
 Arlindo Rocha

**S.A. Indústrias Reunidas Francisco Matarazzo**  
 Juarez Rebelo da Silva  
 Alaôr Ferreira  
 Geraldo Ricci

**S.A. Agro Industrial Eldorado**  
 Edgard Junqueira Leal  
 Gilberto F. S. Sulzbacher

**Santa Úrsula Florestal**  
 Macário Walmir dos Santos

**Satipel Industrial S.A.**  
 Rubem Clóvis Schneider

**Secret. da Cultura Ciência e Tecnologia — SP**  
 Cecílio Dias Lopes  
 Edgar Ghilardi

**Secretaria da Agricultura — RS**  
 Francisco A. C. Marimon

**Secretaria da Agricultura — SP**  
 Mário Amorim Silva

**Secretaria Indústria e Comércio, Turismo - MT**  
 David Balaniúç

**Ariosto dos Santos Lima**

**Secretaria de Planejamento — SP**  
 Akio Tanaka

Maria Antonieta Dente  
 Roberto Manfrinato

**Setal S.A.**  
 Nestor A. Rodrigues  
 J. L. V. Gouveia  
 Juan Carlos Collina

**Siderúrgica Dedini S.A.**  
 Lauro de Moraes Faria

**Siderúrgica J. L. Aliperti S.A.**  
 José Luiz Aliperti Neto

**Société Lambiotte**  
 Raymond Faure  
 Charles Coutor  
 Maurice Bergonzo

**Technit — Cia. Técnica Internacional**  
 Norberto Lederer

**Tegri-Técnica Agro-Industrial Ltda.**  
 Lourenço Fernando Almeida Prado

**Uniplan — Planejamento e Engenharia Rural Ltda.**  
 Geraldo R. Braga

**Uniroyal Pigmentos S.A.**  
 Aldo Maestrelli

**Ultrafertil S.A.**  
 Carlos A. de A. Schinner

**Union Carbide do Brasil S.A.**  
 Minoru Ito

**Universidade de Brasília**  
 Leônidas Tobar Villacis

**Unicamp — Universidade de Campinas**  
 André Tosello

Antonio Carvalho de Sales Luiz

**Universidade Federal do Rio de Janeiro**  
 Maria Eleonora A. de Carvalho  
 Clarissa Cruz Perrone  
 Lúcia Moreira C. Paiva  
 Sérgio Hélio Kling  
 Maria Bernadete de Medeiros  
 Miguel Renato J. Martins  
 Maria Antonieta Ferrara  
 Esther Marques  
 Maria da Conceição L. Alves  
 Carlos Coelho Carvalho Neto  
 Aluisio Alexandre M. de Miranda  
 Willer de Oliveira  
 Claudete Norie Ishikiriama  
 João Carlos Rups Torres  
 Eva Solewicz dos Santos  
 Marie Noêmia Moresche

**Universidade Federal de Viçosa**  
 Antonio Alberto A. de Barros  
 Renato Mauro Brandi  
 José Gabriel de Lellis

**Universidade de São Paulo**  
 Leudir Corbucci Rodrigues  
 Paulo Kirchner

**Faculdade de Ciências Econômicas**  
 Rubens Alberto Kowalski

**Universitários**  
 Nelson Luiz M. Batos  
 Fátima Conceição Machado Marques

**White Martins S.A.**  
 Antonio Carlos Flores

**Wood Reflorestamento S.A.**  
 Elson Ramos Junior  
 José Luiz Costa Ferreira  
 Juvenal S. Berbet

# DENDROTEC

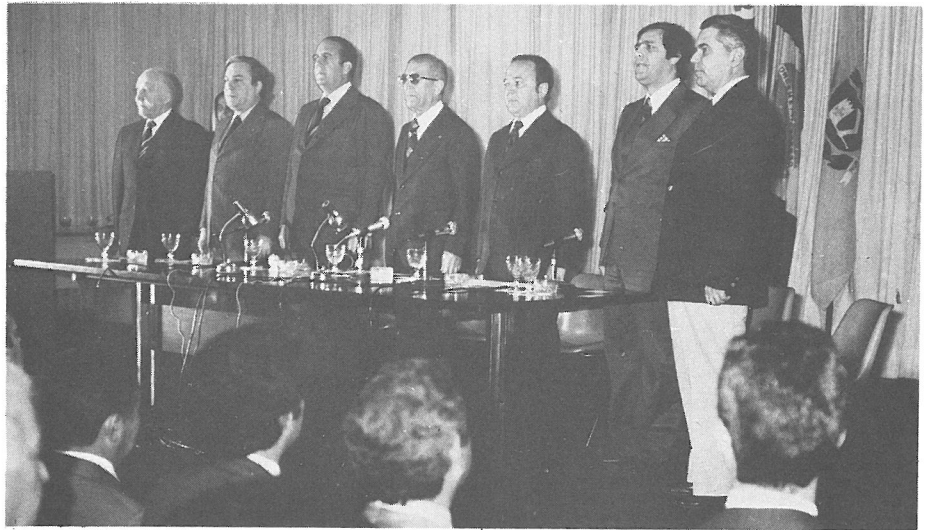
consultoria florestal

- assistência técnica
- auditoria técnica
- consultoria planejamento
- peritagens técnicas
- inventários florestais
- planos de corte
- orientação sup. de manejo.



Rua Regente Feijó, 2547 - 13.400  
 Piracicaba  
 fones (0194)33-4103/4261

# UM ENCONTRO PRESTIGIADO



*Constituição da Mesa: (esq. p./dir.)  
Desembargador Gentil do Carmo Pinto;  
Manoel Gonçalves Ferreira Filho; Paulo  
Egydio Martins; General Adalberto Pereira  
dos Santos; Sérgio Lupattelli; Natal Gale;  
Laerte Setúbal Filho.*



*Cerca de 500 pessoas  
participaram da instalação do  
certame.*



*O Vice-Presidente da República, tendo ao  
lado o Governador de São Paulo, inaugurou  
a exposição paralela ao Seminário.*

O tema proposto pela Sociedade Brasileira de Silvicultura, referente à busca de novas fontes energéticas, revelou-se de grande importância e do maior interesse das autoridades federais e estaduais. Aberto oficialmente pelo Vice-Presidente da República, General Adalberto Pereira dos Santos, o Seminário contou com a presença, entre outras, das seguintes personalidades: Governador Paulo Egydio Martins; Vice-Governador Manoel Gonçalves Ferreira Filho; Presidente da Assembléia Legislativa do Estado de São Paulo, Deputado Natal Gale; Presidente do Tribunal de Justiça do Estado de São Paulo, Desembargador Gentil do Carmo Pinto; Comandante do II Exército, General Dilermando Gomes Monteiro; Prefeito de São Paulo, Dr. Olavo Egídio Setúbal; Comandante do 4.º Comando Aéreo Regional, Brigadeiro Clóvis Pavan; Secretários de Estado, Max Feffer e Paulo da Rocha Camargo.

A abertura dos Painéis foi presidida pelo Ministro da Agricultura, sr. Alysso Paulinelli e o encerramento do Seminário contou com a participação do Ministro Shigeaki Ueki, das Minas e Energia.



Esq. p/dir. — Sérgio Lupattelli; Laerte Setúbal Filho; Paulo Egydio Martins; Adalberto Pereira dos Santos; Antônio Renzi Coelho.



Na 1.ª fila — dir. p/esq. — Max Feffer; Paulo da Rocha Camargo; Paulo de Azevedo Berutti; Brig. Clóvis Pavan; Gal. Dilermando Gomes Monteiro; Dep. Herbert Levy; Prof. Olavo Setúbal.



No encerramento, a Mesa foi presidida pelo Ministro Shigeaki Ueki e teve a participação dos srs. Olavo Setúbal, Max Feffer, Paulo Berutti, Affonso Vitule (à direita), Sérgio Lupattelli, Jamil Nicolau Aun, Paulo da Rocha Camargo e Laerte Setúbal Filho (à esquerda).



O Ministro Shigeaki Ueki recebeu do sr. Sérgio Lupattelli, imediatamente após o encerramento do Seminário, um volume completo de todos os temas debatidos.



# Seminário



## **FLORESTA** **potencial energético brasileiro**

**SESSÃO SOLENE DE ABERTURA**, realizada às 10h do dia 8 de agosto de 1977, no Auditório G do Palácio das Convenções do Parque Anhembi — SP.

**PRONUNCIAMENTOS:**

**SÉRGIO LUPATELLI**

**MAX FEFFER**

**GAL. ADALBERTO PEREIRA DOS SANTOS**

**MESA DIRETORA**

**CONVIDADO ESPECIAL**

**PRESIDENTE DE HONRA DO SEMINÁRIO**

**MEMBROS**

— **GENERAL ADALBERTO PEREIRA DOS SANTOS**  
Vice-Presidente da República

— **MAX FEFFER**  
Secretário da Cultura, Ciência e Tecnologia do Estado S. Paulo

— **PAULO EGYDIO MARTINS**  
Governador do Estado

— **NATAL GALE**  
Presidente da Assembléia Legislativa do Estado

— **DES. GENTIL DO CARMO PINTO**  
Presidente do Tribunal de Justiça do Estado

— **MANOEL GONÇALVES FERREIRA FILHO**  
Vice-Governador do Estado

— **SÉRGIO LUPATELLI**  
Presidente da Sociedade Brasileira de Silvicultura

— **LAERTE SETÚBAL FILHO**  
Presidente da Comissão Organizadora do Seminário

# CONCILIAÇÃO DOS ASPECTOS ECONÔMICO E ECOLÓGICO LEVAM AO OBJETIVO SOCIAL



Sérgio Lupattelli

Silvicultura, a ciência que tem por finalidade o estudo e a exploração da floresta, a cultura das comunidades florestais. Extravasando definição do léxico, na sua raiz e na sua terminologia, o termo expressa a representatividade de um significativo marco histórico no desenvolvimento da nossa cultura: relegamos ao passado o extrativismo predatório e consolidamos, na presente geração, nossa condição inarredável de cultores da floresta, da floresta como um bem perene, eterno, recurso renovável que é.

Na exata dimensão desse conceito, entendemos que a nossa missão, imposta pelo quadro da realidade presente, é a de desenvolver o maior elenco de opções e alternativas para o benéfico aproveitamento de um recurso que, outrora abundante, ingressa na fase de uma sensível escassez.

Dentro dessa linha de atuação é que a Sociedade Brasileira de Silvicultura, no terreno pragmático, desenvolve sua política básica de conciliação dos patrióticos interesses do desenvolvimento econômico com os interesses, não menos patrióticos, da preservação ambiental. Há exemplos de que perseguimos objetivos não só desejáveis, mas absolutamente factíveis: a atuação da secular "American Forestry Association" foi decisiva, nos Estados Unidos, para o equilíbrio a que estamos nos propondo. Adequando nossa atuação em função das soluções perseguidas, nossa tarefa tem sido caracterizada pela adoção de métodos científicos, onde a conciliação dos aspectos eco-

nômicos e ecológicos, aparentemente tão distintos, representa o instrumento de um objetivo maior: o da dimensão social.

Ressalta, nessa política maior, a questão do Código Florestal, verdadeira carta de princípios que rege o relacionamento da comunidade com esse bem essencial. Após doze anos de vigência, o atual Código revelou-se defasado ante as exigências do desenvolvimento acelerado experimentado pela Nação, o que levou nossa entidade a propor a integral reformulação daquele documento legal.

Embutidas na própria dinâmica do desenvolvimento, ampliam-se as exigências da sociedade em relação à floresta. Prestando-se, inicialmente, à caça e à cultura temporária, a pressão demográfica implementou sua utilização para a formação de pastagens e culturas permanentes, só depois, bem mais tarde, permitindo-nos assistir à sua caracterização como fonte de suprimento da madeira, no atendimento das necessidades de matéria-prima reclamadas pela comunidade.

As crescentes pressões da necessidade de matéria-prima, aliadas a outra necessidade, a de recreação do homem, estão contribuindo para orientar uma profunda alteração das funções da floresta, ao mesmo tempo em que se destaca o crescente papel que ela representa no desempenho da proteção e da conservação do meio-ambiente. Nem por isso se reduz sua importante função produtiva, através do suprimento da matéria-prima que representa significativa contribuição ao crescimento econômico, com decisiva participação em nosso balanço de comércio.

Da aglutinação de todas as forças vivas que atuam no setor, está resultando uma nova estruturação que implica no direcionamento da atual política de reflorestamento, de maneira a possibilitar o instrumental adequado para o suporte da atividade. Uma decorrência natural do grande leque dos benefícios auferidos e exigidos da floresta, nos quais devem ser calcados os objetivos da política florestal moderna, parte integrante e indissociável da política social.

Graças a uma inteligente e feliz política governamental, pudemos atingir, no curto espaço de dez anos, cotas de plantio que colocaram o nosso País entre os maiores reflorestadores, ao lado da China Continental, da Rússia e dos Estados Unidos. As estatísticas oficiais de um plantio superior a dois milhões e meio de hectares correspondem, aos valores atuais, a um considerável investimento da ordem de 20 bilhões de cruzeiros na formação de maciços florestais que poderão representar, facilmente, uma produção anual de madeira da ordem de 40 milhões de metros cúbicos; potencial já existente que, convertido em

produtos primários — madeira serrada e laminada e produtos de celulose e papel — vão gerar produção correspondente a valores que se situam entre 20 e 25 bilhões de cruzeiros ao ano.

A concretização dessa realidade, em contrapartida, exige, na rica transformação da madeira das florestas já implantadas, investimentos não inferiores a 70 bilhões de cruzeiros ou 5 bilhões de dólares aos valores atuais.

A política de incentivos adotada quando se constatou o desaparecimento de grandes extensões de florestas nativas e a degradação de outras, transformadas em capoeiras improdutivas, aliada ao testemunho do potencial ecológico brasileiro, constatado em plantações pioneiras de rápido crescimento, teve um mérito incontestável: em seu bojo, como filosofia fundamental, ela criou as bases sólidas e indestrutíveis para uma economia florestal embasada no rendimento sustentado. E, no curto espaço de dez anos, criou, para a Nação, o invejável capital florestal representado pelos povoamentos puros que, com aproveitamento racional no equilíbrio entre o corte, o incremento e a reposição, permitirão atendimento permanente para a presente e as futuras gerações.

Mesmo situando-se ao nível de grandeza de outros programas prioritários incluídos na produção de bens básicos, como o da siderurgia e o da construção de hidrelétricas, o reflorestamento se defronta, na atual conjuntura, com o impasse gerado, de um lado, pelas necessidades crescentes de plantio efetivo e, de outro, pelo achatamento desses mesmos níveis de plantio.

Indispensável ao desenvolvimento, evoluímos de um consumo de 19 milhões de metros cúbicos sólidos de madeira, em 1965, para 32 milhões, em 1975. E marchamos para a necessidade projetada de 75 milhões de metros cúbicos sólidos, em 1985, o que nos dá, nesse período de apenas duas décadas, a indicação de um expressivo crescimento anual da ordem de 6,2%. O esgotamento das florestas naturais do sul e as dificuldades técnicas e econômicas que ainda inviabilizam a exploração racional de rendimento sustentado da Amazônia, impõem, como solução de madeira, sob pena de colocarmos em risco o suprido rendimento; ou, então, através de manejo adequado dos matos naturais. Processos, em qualquer dos casos, submissos ao apoio da prática incentivada pelas imensas exigências de recursos a serem investidos. Há, de qualquer maneira, que se incrementar urgentemente a produção de madeira, sob pena de colocarmos em risco o suprimento das indústrias de processamento químico e mecânico da madeira e, dentre outros usos, o de sua própria utilização no campo energético. Incluindo a produção de carvão vegetal, nossas necessidades, em 1985, estarão situadas, então, ao redor dos 75 milhões de metros cúbicos de madeira.

Ante tal realidade, devemos indagar, agora e sem delongas: até que ponto os impactos dos incentivos fiscais, voltados para o reflorestamento e florestamento, atingiram os objetivos e as expectativas que lhe foram atribuídos quando de sua implantação?

Nos países industrializados, temos assistido que à perda da utilização econômica das florestas para a prioridade do uso ambiental e recreativo, está se contrapondo um crescimento da demanda de produtos florestais a taxas superiores à média da expansão do consumo. É natural, por isso, que o potencial ecológico brasileiro inclua a perspectiva de virmos, naturalmente, a abastecer as necessidades mundiais de produtos florestais.

Na estratégia do incremento de nossas exportações, o Plano Nacional de Papel e Celulose prevê, para dentro de 22 anos, 18 milhões de toneladas de celulose, rendendo, em termos atuais, divisas correspondentes a 5 bilhões e 460 milhões de dólares. Nesse campo, a madeira produzida nas plantações, especialmente de *Pinus*, deverá substituir a madeira serrada e o compensado de pinho que obtínhamos nas reservas esgotadas de araucária, sem se falar nas amplas perspectivas de exportação por força da expansão xiloquímica, objeto do seminário que hoje é instalado pelo ilustre Vice-Presidente da República, General Adalberto Pereira dos Santos.

Já em 1974, segundo dados do anuário estatístico do IBGE, editado no ano passado, o valor da transformação industrial nos setores de madeira, mobiliário e papel e papelão, da ordem de 18 bilhões de cruzeiros, representava nada menos que 8,6% do valor global da transformação industrial do País.

Todos esses dados não são mencionados ao acaso. A ordem de grandeza do setor florestal, no quadro econômico da Nação emergente, implica uma tomada de decisão que permita o redirecionamento do problema, dentro de bases serenas e racionais, para os anos futuros.

É dentro dessa linha que nos propusemos, com o apoio de ponderáveis forças do setor, ao ambicioso plano da avaliação dos impactos do florestamento e reflorestamento na vigência, por 10 anos, dos incentivos fiscais. Para essa tarefa gigantesca, já tecnicamente planejada, a Sociedade Brasileira de Silvicultura se coloca ao lado da Associação Brasileira das Empresas de Reflorestamento; da FINEP — Financiadora de Estudos e Projetos; do IBDF — Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal; da Secretaria de Cultura, Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo e das entidades representativas do setor de celulose e papel. E conclama todas as forças vivas do setor, no Governo ou na iniciativa privada, ao cumprimento dessa missão importante que vai possibilitar as bases de uma política racional para o direcionamento da política florestal, como um todo, em função dos interesses maiores da Nação. Uma obra que não temos o direito de protelar.

Senhores: É dentro dessa mesma linha de atuação e colaboração mútua que inauguramos o Seminário "Floresta — Potencial Energético Brasileiro".

A limitação das fontes de energia em todo o mundo representa o mais forte impulso em direção à utilização dos recursos naturais renováveis com bases energéticas. Dentre eles, abre-se à madeira o novo e vasto campo da xiloquímica, cuja amplitude ainda não podemos mensurar mas que, certamente, virá a superar a própria petroquímica, calcada que está num produto também natural, porém esgotável.

Com o apoio e a colaboração da Secretaria da Cultura, Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo, cujo titular, Secretário Max Feffer, é o Presidente de Honra do Seminário; da FINEP — Financiadora de Estudos e Projetos, aqui representada pelo seu ilustre Vice-Presidente, Dr. Alexandre Henriques Leal Filho; do IBDF — Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, dirigido pelo Eng. Dr. Paulo de Azevedo Berutti; e da ARBRA — Associação Brasileira das Empresas de Reflorestamento, presidida pelo companheiro Affonso Armando de Lima Vitule, esperamos que esse evento se transforme no marco histórico do ingresso do Brasil na era da exploração da energia armazenada na madeira.

# DOMINAR A TECNOLOGIA É IMPRESINDÍVEL AO BRASIL



Max Feffer

A convergência de gratificantes acasos torna este momento especialmente significativo, pois toda a minha vivência empresarial sempre esteve vigorosamente vinculada à problemática que neste Seminário se irá abordar. Assim, como antigo Vice-Presidente da Sociedade Brasileira de Silvicultura, emociona-me a generosa escolha de meu nome para Presidente de Honra deste Seminário.

Pela importância do tema — tanto do ponto de vista de pesquisa e prática tecnológicas como por suas agudas implicações econômicas, no que diz respeito ao equilíbrio de nossa balança comercial, este Simpósio constitui de-

cisiva contribuição para o equacionamento de nossa complexa realidade energética.

Neste sentido, o Governo Federal, pelo prestigioso comparecimento de S. Excia. o Vice-Presidente da República, General Adalberto Pereira dos Santos, expressa seu apoio e incentivo ao oportuno debate sobre as fontes alternativas de energia advindas da madeira.

Não seria esta a primeira vez em que o País descobre novos caminhos a partir de essenciais florestais disponíveis. Todos sabem que o Brasil sempre foi um tradicional importador de polpa de madeira para a fabricação de papel. Esta matéria-prima, proveniente principalmente do Canadá e Países Nórdicos, era constituída de fibras longas de coníferas, senhora absoluta do mercado. No mundo inteiro, era julgado impossível a fabricação de papel sem um conteúdo expressivo dessas fibras longas.

Com isto, o eucalipto, cultivado no País em larga escala, tinha um papel secundário, quase marginal, pois, usado basicamente como combustível para estradas de ferro, sua fibra curta era julgada inadequada à fabricação de celulose e papel.

Na década dos 50, com o desenvolvimento de uma tecnologia revolucionária e genuinamente brasileira, conseguimos conquistar, a partir do eucalipto, amplas faixas de uso, antes reservadas ao produto importado. Os impactos foram inúmeros e benéficos: ao mesmo tempo em que valorizávamos uma matéria-prima abundante no País, construíamos um vigoroso complexo industrial de celulose e papel que, além de nos liberar das onerosas importações, já está contribuindo para o reforço de nossa balança de pagamentos, pois, de tradicionais importadores, estamos nos tornando exportadores agressivos desses mesmos produtos.

Sobram-me razões, portanto, para, como representante do Governo do Estado de São Paulo — por honrosa delegação de S. Excia. o Governador Paulo Egydio Martins — continuar obstinadamente atento aos problemas do apro-



veitamento de nosso potencial florestal, tema central deste Seminário.

Já foi por demais repetido que a crise do petróleo instalou-se para ficar, e deverá se tornar cada vez mais aguda, nos próximos anos. A Organização de Cooperação de Desenvolvimento Econômico divulgou recente documento sobre "Perspectivas Mundiais de Energia", alertando para o fato de que "em 1985, a procura de petróleo poderá ser superior à oferta dos 12 membros da OPEP".

Na mesma linha de previsão pessimista é o relatório produzido pelo Governo Americano, que afirma textualmente: "a procura e a oferta de petróleo no mundo estarão equilibradas em 1980, mas, em 8 anos, a capacidade de produção será amplamente superada pelas possibilidades de extração". Todas essas perspectivas coincidem com as previsões de que realmente a partir de 1990 a produção total dos associados da Organização dos Países Exportadores de Petróleo começará a diminuir.

É dentro deste contexto que pretendo situar a problemática brasileira e a importância do presente conclave.

Consideramos o nosso maior problema a substituição das importações de petróleo, e é nesse sentido que confiamos nos resultados deste Seminário, pois os caminhos apontados pela utilização da floresta, ao contrário da energia nuclear que produz quilowatt/hora, a energia da floresta proporciona, entre outros, gás sintético, etanol e metanol, que podem realmente substituir o petróleo nas formas como este é consumido no Brasil.

Sabemos que diversos países estão planejando a utilização do etanol a partir de recursos florestais e estão em vários estágios de aplicação; porém, nenhum tem condições tão favoráveis, de extensão territorial e de clima, como o nosso.

Em relação ao Brasil, a primeira grande opção é a produção de biomassa, e especificamente biomassa produzida pelas nossas florestas.

Aí está o eucalipto com seu impressionante incremento volumétrico que, de acordo com dados, produz 4 a 5 vezes mais biomassa que as florestas naturais da Austrália, seu país de origem. Sabemos que, nas regiões tropicais, face à abundância da radiação solar durante o ano todo, a produção de biomassa é acelerada: a eficiência térmica dessa radiação nas regiões temperadas é de 1%, contra 2% das regiões tropicais.

Disto resulta que a produtividade primária nos trópicos é o dobro por unidade de caloria por centímetro quadrado. Por outro lado, a disponibilidade de terras contínuas é grande, ainda mais quando se considera que as florestas, tradicionalmente, são conduzidas para os solos

marginais agrícolas, portanto, sem competir com a produção de alimentos básicos.

A infra-estrutura material e humana para o cultivo de florestas, já a possuímos há mais de 70 anos, quando começou o reflorestamento comercial no Brasil. Por outro lado, em apenas 10 anos de vigência dos incentivos fiscais para o reflorestamento, graças a essa política sábia e bem conduzida, tornam-nos o 4.º país reflorestador do mundo, cumprindo, hoje em dia, cotas anuais de plantio de 300.000 hectares.

Quanto à tecnologia silvicultural nativa, principalmente desenvolvida pelo IPEF — Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais — uma instituição "sui generis" constituída por empresas privadas que operam no setor, e pelo Departamento Florestal da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, conseguimos hoje construir uma floresta artificial madura de eucaliptos em apenas 5 anos, fato esse completamente inusitado.

Pelos resultados até aqui obtidos, urge, portanto, que essa política de incentivos fiscais seja mantida, senão ampliada, conforme nossa maior conveniência.

Queremos salientar também que o ilustre cientista americano Wolfgang Glasser, presente a esse encontro, afirma categoricamente: "O custo monetário oriundo da biomassa seca (na forma de madeira) é de um décimo do da eletricidade e um oitavo do da gasolina".

Sabemos, no entanto, que antes de chegarmos a resultados práticos deveremos dominar a tecnologia específica. E é este realmente um dos principais objetivos deste Seminário. Da combinação de teses e idéias, entre conferencistas nacionais e estrangeiros, fluirão naturalmente soluções viáveis para a multi-facetada realidade brasileira, dentro de modelos alternativos de desenvolvimento genuinamente nossos. Soluções que nortearão a tomada de decisão de governantes e empresários.

Há 30 anos, eminente especialista da FAO, antes mesmo que o espectro da crise do petróleo sobressaltasse nossos espíritos, previa a volta e a supremacia da madeira na vida das civilizações futuras. Uma matéria-prima eterna porque é renovável. Seu livro fez grande sucesso na época e chamava-se: "A próxima era da madeira".

As palestras que serão proferidas neste Seminário certamente demonstrarão as variadas formas pelas quais as florestas podem ser utilizadas na geração de energia.

Em paralelo, cabe aos planejadores proporcionar as condições para que as florestas que esses novos programas vão exigir, sejam disponíveis contemporaneamente.

Senhores: Estou certo de que particularmente para o Brasil, a próxima era da madeira já começou. Com a realização deste Seminário!

# É URGENTE ACHAR ALTERNATIVAS PARA NOVAS FONTES ENERGÉTICAS



**Gal. Adalberto Pereira dos Santos**

Quando o Governo brasileiro, pela manifestação dos dirigentes e de seus mais renomados técnicos, revela não só preocupação pelo futuro em relação às fontes de ener-

gia que se esgotam, mas, também, se debruça por sobre estudos e soluções para garantir não apenas o conforto do homem brasileiro, mas a sobrevivência industrial e as perspectivas do nosso crescimento, necessário e irrecusável, não poderia o Vice-Presidente da República deixar de aqui comparecer e, desta forma, trazer o seu aporte e o seu aplauso pela iniciativa da Sociedade Brasileira de Silvicultura, que ora nos congrega.

Vejo-me, meus senhores, recompensado em vir a São Paulo, ao deparar-me com esta Assembléia que, pela sua composição, em que ombreiam especialistas compatriotas com outros respeitados estudiosos do mundo inteiro, bem expressa a importância do tema e a sua universalidade, ante o rápido esmaecimento de um componente basilar de uma civilização que lhe deve seus pilares mestres neste século.

Singularizando o caso brasileiro, é de se atentar para o Balanço Energético Nacional, em que se documenta, por acurado exame, que o problema energético, a refletir-se em nossa economia, é de ordem mundial, sobre ser problema complexo em suas facetas técnicas, econômicas e políticas, a exigir não exames setoriais ou limitados, mas a conduta de uma ação global, capaz de acompanhar e incentivar as reações necessárias para que o Brasil se oponha aos imprevistos daquela mesma ordem mundial, no que tange à energia.

Pela graça de Deus, entretanto, e mercê dos incomensuráveis recursos e o engenho do homem brasileiro, não nos coube, na herança natural, espaços estreitos nem de-

ficiências humanas que nos imobilizem na busca da réplica a tais desafios, defrontando-nos, sempre com imaginação criadora, os óbices do caminho, que buscamos, da nossa libertação econômica e social.

Este seminário é uma réplica, sintetizando longo trato percorrido, no afã de sacudirmos as peias que nos tolhem os livres movimentos.

E, assim, partimos do princípio de que aqui se vem para oferecer e acolher idéias, e depressa, porque é urgente achar processos, alternativas e sucedâneos do que foi subtraído à natureza, de forma até predatória, por uma civilização industrial que, descuidada, cifrou todo seu estamento na inesgotabilidade do que não se pode repor, um erro sem precedentes que nos aprisiona a todos, de forma fatal.

Louvável, portanto, esta iniciativa da Sociedade Brasileira de Silvicultura, que, em pouco mais de 20 anos de atividade, inscreve, no seu acervo de realizações, oportunos programas no sentido da preservação da floresta, da fauna e do meio ambiente brasileiros, ao lado de vigilante acompanhamento para que a legislação florestal do nosso País incorpore não só o que de mais atual a ciência indica para sobrevivência ecológica, como experiência mundial, senão, também, e principalmente, aquilo que a nossa própria prática recomenda que se faça, em atenção aos nossos objetivos e necessidades.

De caráter privado, é valoroso exemplo para aqueles que, desdenhando a capacidade de realização da comunidade e do grupo social, só fazem esperar pelas iniciativas governamentais, compelindo, o mais das vezes, o próprio Governo, a dilatar sua área de ingerência, ante a debilidade do esforço privatista.

Sem fins lucrativos, a Sociedade se situa dentro de um rigoroso espírito científico, capaz de oferecer ao país contribuições que se esperam no grave momento em que a própria palavra do Presidente Geisel coloca o centro da política energética nacional entre duas ações fundamentais — incremento da produção petrolífera, de um lado, e, de outro, a identificação de fontes alternativas internas, num chamamento a pesquisas e atividades de cunho técnico, de modo a, rapidamente, substituir o petróleo por outras matrizes de energia.

A floresta é, sem dúvida, a mais importante delas e a mais ao alcance, desde que, obedientes seus usuários, a métodos de preservação e tratamento, a tornem renovada e apta, nos prazos convenientes, a fornecer ao homem o elemento motriz que outros métodos e origens tornam tão oneroso e dependente.

Venho trazer-vos, como brasileiro e homem de Governo, por todos esses motivos, a minha aprovação e confiança, neste momento tão esperado da realização de um seminário em que, grandes renomes estrangeiros vêm, não somente colaborar com o nosso trabalho, mas auferir nossa experiência, estimular nossos estudiosos e criar um clima de cooperação que acredite, nosso País, nas esferas do pensamento técnico e científico mundial.

É preciso criar junto a estes círculos, a convicção e o valor do nosso esforço, o que nos fará merecedores de justo e oportuno renome, pela difusão de que o Brasil se afirma, em relação ao futuro, como nação que busca crescer para cooperar e servir.

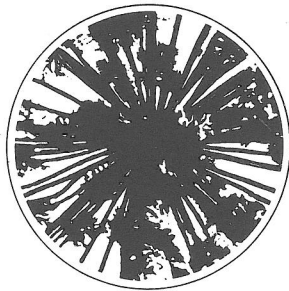
**“Floresta — Potencial Energético Brasileiro”**, sobre ser um título expressivo para este Seminário de Estudos, abre corajosamente um debate que fora considerado crime ou atraso, no sentido de cogitar, em pleno século XX, em energia a partir da madeira. E esta Sociedade Brasileira de Silvicultura cercou-se de elevadas condições morais para abri-lo, eis que tem propugnado, antes de mais nada, pela preservação da floresta, pelo florestamento e reflorestamento, não apenas pela finalidade paisagística, mas, também, pela utilidade múltipla e em especial energética, em que se cifra o problema crucial do nosso País e de grande contingente de nações.

Não está, de outro passo, o Governo da Revolução, ausente das ações efetivas nesse terreno. No mês passado, o Conselho de Desenvolvimento Econômico destinou ao reflorestamento, no Orçamento Anual do Fiset (Fundo de Investimentos Setoriais) recursos da ordem de 3,25 bilhões de cruzeiros. Contabilizando-se todas as despesas que cercam tais empreendimentos, isto vai corresponder, em reflorestamento no Brasil, neste ano, a 465 mil hectares. Caso tenhamos nós por preocupação, no terreno econômico-financeiro, apenas este problema, isto se faz pouco. Mas considera o País, contabilizada nesse pouco, a confiança que deposita na judiciosa aplicação dos seus haveres, retirados da contribuição nacional, a ser repartida entre tantas grandes iniciativas, como esta que é a vossa razão precípua.

Aqui me detenho, para não prolongar uma participação à margem das reais expectativas deste Seminário.

Ao reafirmar minha solidariedade ao brilhante empreendimento da Sociedade Brasileira de Silvicultura, desejo-vos êxitos e ação prática imediata, ao mesmo tempo em que renovo aos cientistas e estudiosos brasileiros e estrangeiros, que aqui se congregam, as saudações do povo e do Governo do Brasil.

# Seminário



## **FLORESTA** **potencial energético brasileiro**

**PRIMEIRA SESSÃO**, realizada às 14h  
do dia 8/8/77, no Estúdio G do Palácio  
das Convenções, Parque Anhembi —  
SP.

**OS PROCESSOS HIDROLÍDICOS  
NO APROVEITAMENTO  
DOS RECURSOS RENOVÁVEIS**

### **MESA DIRETORA**

**PRESIDENTE**

— **LEOPOLDO GARCIA BRANDÃO**  
Presidente do IPEF

**MODERADOR**

— **PAULO T. ALVIN**  
CEPLAC

**CONFERENCISTA**

— **J. C. PERRONE**  
Coordenador do Projeto de  
Hidrólise do INT-MIC



# OS PROCESSOS HIDROLÍTICOS NO APROVEITAMENTO DOS RECURSOS RENOVÁVEIS

J. C. Perrone

## Sumário Summary

Caracterização das principais fontes de recursos renováveis a nível nacional, com vistas à produção de biomassa e dimensionamento dos mais importantes produtos e resíduos derivados da agricultura, como a cana-de-açúcar, mandioca, milho em grão, arroz em casca, babaçu e eucalipto.

Descrição sumária dos processos laboratoriais e industriais usados para a hidrólise da celulose, com ênfase para a sacarificação da madeira, de acordo com a realidade setorial existente no exterior, principalmente Alemanha, Suíça, Estados Unidos, Japão e mais modernamente (na atualidade) na União Soviética.

Considerações sobre a economicidade dos processos de hidrólise de celulose, baseadas na experimentação desenvolvida no Instituto Nacional de Tecnologia, e cálculos do custo de produção do etanol em função da matéria-prima empregada.

Análise do estágio atual das pesquisas nos laboratórios dessa Instituição, com especial destaque para a produção, tanto de etanol e outros derivados, como de coque metalúrgico, por carbonização da lignina, que é considerada de máxima importância para a viabilização integral do processo.

Notícia de que o INT está desenvolvendo contatos com autoridades soviéticas, visando a transferência de tecnologia no setor específico da hidrólise da madeira, já que uma análise crítica da experiência internacional deixou patente a validade dessa tentativa em função do atual contexto energético nacional.

### Hydrolytic Processes on Renewable Resources Utility

Characterization of the main renewable resources sources on a national level, in view to biomass production and magnitude of the most important products and residues derived from agriculture, such as sugar-cane, manioc, corn grain, rice, babassu-nut, and eucalyptus.

Summary description of laboratorial and industrial processes used for pulp hydrolysis, with emphasis to wood saccharification, according to sectorial reality existent in other countries, especially in German, Swiss, United States, Japan and more recently in Soviet Union.

Considerations about economics of pulp hydrolysis processes, based on experiments developed in the National Technology Institute, and estimates of ethanol production costs based on the type of raw material employed.

Analysis of the actual stage of the researches being made in this institution laboratories, giving special attention to the production of ethanol and other derived products, as well of metallurgical coke, from lignin carbonization, which has great importance to total availability of the process.

News that INT is developing contacts with Soviet authorities, aiming at technology transference on the specific area of wood hydrolysis, since a critical analysis of the international experience has shown the validity of this attempt due to the present National energy context.

O professor João Consani Perrone é natural de Passa Quatro, Minas Gerais. Bacharel em Química em 1944, pela Faculdade Nacional de Filosofia da Universidade do Brasil, Rio de Janeiro, em 1949 tornou-se Doutor em Química pela mesma Universidade. Efetivou curso na Universidade da Califórnia, Berkeley, Estados Unidos e no Instituto Nacional de Pesquisas Médicas de Londres, Inglaterra. É membro titular da Academia Brasileira de Ciências, da American Chemical Society, Biochemical Society (Grã-Bretanha), American Association for the Advancement of Science, Sociedade Bioquímica e Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência. Ocupa os cargos de: chefe do projeto para o Aproveitamento Integral de Recursos Renováveis, Instituto Nacional de Tecnologia da Secretaria de Tecnologia Industrial do Ministério da Indústria e Comércio; professor do Departamento de Bioquímica do Instituto de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Orientou três teses de doutorado e 14 teses de mestrado; publicou 109 trabalhos científicos em revistas nacionais e estrangeiras.





# OS PROCESSOS HIDROLÍTICOS NO APROVEITAMENTO DOS RECURSOS RENOVÁVEIS

J. C. Perrone

Atualmente verifica-se uma tendência universal de procurar limitar e mesmo suprimir a dependência preponderante da humanidade em relação às matérias-primas fósseis na produção de energia e produtos químicos, pois as reservas são finitas e não renováveis.

Em nosso país, até agora importador de petróleo e com reservas limitadas desta matéria-prima, cerca de 45% de toda a energia utilizada é derivada deste combustível fóssil. Se levarmos em conta a previsão de um aumento anual de 4,5% no consumo energético, e se neste aumento for mantida a mesma percentagem de energia derivada do petróleo, cada vez mais caro, é fácil antever a magnitude dos problemas que serão enfrentados, aliás amplamente divulgados na imprensa diária e especializada.

Parece haver, portanto, uma necessidade indissociável de procurar novas fontes renováveis de matéria-prima para a produção de energia, produtos químicos e alimentos.

Quando se faz referência a fontes renováveis de matéria-prima, geralmente estamos nos referindo à biomassa vegetal, cuja vida e crescimento depende da utilização da energia solar através do processo fotossintético, fonte primária de toda vida na Terra.

A quantidade de biomassa criada por fotossíntese apresenta-se cada vez mais importante para o homem. Além de ser responsável pela renovação do oxigênio da atmosfera, é fundamentalmente a fonte de matéria-prima renovável diretamente relacionada com a capacidade terrestre de sustentar no futuro a humanidade em crescimento acelerado. Seria, é claro, catastrófico, a humanidade consumir quantidade de biomassa, por unidade de tempo, maior do que aquela renovada por fotossíntese. Torna-se, portanto, cada vez mais importante a cada geração que passa, dir-se-ia mesmo, fundamental, conhecer a capacidade total da terra em produzir biomassa vegetal e saber como utilizá-la com parcimônia e sabedoria. Esta capacidade total, acima referida, é denominada a produtividade primária da biosfera. As estimativas mais recentes dão para essa produtividade um valor de  $170 \times 10^9$  t de matéria seca por ano (1) das quais  $117 \times 10^9$  são produzidas nos continentes e  $55,8 \times 10^9$  (t/ano) nos oceanos para toda a biosfera. Merece destaque, neste ponto, a conclusão que a produtividade dos

oceanos por unidade de área é somente 1/5 da calculada para os continentes, o que aumenta a importância da biomassa renovável terrestre e reduz sobremaneira, as expectativas exageradas baseadas na produtividade dos oceanos.

Embora toda a produtividade primária da biosfera seja aproveitada na renovação do oxigênio da atmosfera, somente uma parte relativamente pequena é explorada pelo homem na produção de alimentos, materiais e energia. A maior parte, por ser imprópria, inacessível ou de rendimento insuficiente, não é tocada pelo homem.

É, portanto, dessa parcela de biomassa anualmente renovada que devemos procurar extrair energia, alimentos e produtos químicos, usando-a o mais eficazmente possível. Isto pode parecer atualmente não muito importante. Entretanto, se forem mantidos os índices atuais de crescimento demográfico e de consumo de energia, no decurso de mais duas gerações, a capacidade de manutenção de vida humana da biosfera poderá ser ultrapassada (2).

Se devemos utilizar eficazmente a biomassa renovável, é fundamental que procuremos aproveitá-la o mais integralmente possível, usando métodos ou processos que transformem seus principais componentes em produtos úteis (alimentos, energia, materiais ou produtos químicos), com a menor perda de energia acumulada e com a maior economia possível.

Apresentaremos a seguir algumas sugestões para o aproveitamento integral de alguns recursos renováveis. Entretanto, o presente estudo é limitado tão somente às considerações relativas a uma parcela da biomassa (vegetais, partes de vegetais, componentes químicos destes vegetais) que não é empregada como fonte convencional de alimento.

Por outro lado, também os processos técnicos de aproveitamento mais convencionais desta biomassa ou de seus componentes, não serão considerados.

## CARACTERIZAÇÃO E DISPONIBILIDADE DOS RECURSOS RENOVÁVEIS

De um modo geral e dentro das limitações acima especificadas, os principais componentes da biomassa são três polímeros na-

turais: a celulose, as hemiceluloses e a lignina.

Tanto a celulose como as hemiceluloses são carboidratos poliméricos formados de moléculas de açúcares simples. As hemiceluloses são polímeros de cadeia relativamente curta, formados por açúcares de cinco carbonos (pentoses, como a xilose) e de açúcares de seis carbonos (hexoses, como a manose) não contendo, entretanto, glicose. A celulose é um polímero de cadeia longa formada por moléculas de glicose. O amido também é um polímero da glicose, mas difere da celulose pelo modo com que as moléculas do monômero se ligam umas às outras.

A lignina é de natureza inteiramente diferente. Não é um carboidrato polimérico e sim um polímero tridimensional cuja unidade é o fenilpropano.

O componente mais abundante nos recursos renováveis é sem dúvida a celulose. O conteúdo em celulose das colheitas agrícolas, varia de cerca de 20% para diversos tipos de capim, até 91% para as fibras de algodão. Por outro lado as madeiras contêm de 40 a 53% de celulose (3). Podemos considerar, como o fazem Stephen e Heichel, como sendo de 40% (base seca) o conteúdo médio de celulose nos vegetais.

As madeiras contêm de 15 a 30% de hemiceluloses e de 20 a 35% de lignina, enquanto que nos resíduos de colheitas os valores são de 20 a 30% de hemiceluloses e de 10 a 25% de lignina.

Sendo a celulose o componente mais abundante, é claro que sua utilização eficiente contribuiria decisivamente para o aproveitamento eficaz da biomassa renovável. Uma pequena parte da celulose contida nos recursos renováveis, desde que apresente propriedades apropriadas, é transformada em polpa para produção de papel e papelão ou então aproveitada nas indústrias têxteis. Entretanto, uma parte considerável da celulose renovada atualmente encontra-se nos resíduos das colheitas.

No caso das principais colheitas brasileiras (cana-de-açúcar, mandioca, milho e arroz), aproximadamente mais de 50% da matéria verde formada (hastes, folhas, cascas, raízes etc.) é deixada a apodrecer nos campos ou quando muito, aproveitada ineficientemente.

Na tabela I, apresentamos o cálculo da quantidade de celulose que acompanha algumas das nossas principais colheitas. Verifica-se que, levando em conta somente essas cinco colheitas, a celulose desperdiçada anualmente é de aproximadamente 25 milhões de toneladas.

Na utilização das árvores, tanto na produção de madeira estrutural quanto na transformação em polpa de papel, somente cerca de 30% é realmente aproveitada (12, 55). Os restantes 70%, constituídos de folhas, galhos, tocos, cascas, desperdícios produzidos durante o corte e aparelhamento da madeira, são desprezados ou utilizados ineficientemente. Também a celulose transformada em papel e papelão, mais cedo ou mais tarde, vai formar de 30 a 60% do lixo urbano. Embora parte do papel no lixo seja reaproveitada, após alguns ciclos esta parcela também é degradada e perdida.

Pelo que foi exposto é fácil ver que uma quantidade considerável dos recursos renováveis é desperdiçada ou usada ineficientemente, mostrando assim, o considerável interesse, dir-se-ia mesmo, necessidade futura de seu aproveitamento integral.

#### PROCESSOS PARA A UTILIZAÇÃO INTEGRAL DOS RECURSOS RENOVÁVEIS

Como vimos, a celulose é o principal componente dos recursos renováveis. É claro portanto, que sua utilização eficiente contribuirá decididamente para o aproveitamento eficaz da biomassa renovável.

A celulose pode ser queimada produzindo calor ou, como outro polissacarídeo vegetal, o amido, pode ser hidrolisada produzindo glicose que por fermentação transforma-se em álcool ou proteína unicelular. O álcool, por sua vez, poderá servir de combustível ou matéria-prima para a produção de um grande número de produtos úteis da indústria química.

Vale a pena, neste ponto, verificar o valor dos produtos que podem ser obtidos da celulose, pois estes valores nos ajudam a determinar quais são as transformações que mais interessam.

A tabela II é uma adaptação da apresentada por Dunlap (17), e nos mostra que, sem dúvida, é muito mais interessante usar a celulose para a produção de álcool, proteína unicelular ou glicose, do que usá-la como combustível. Parece-nos muito importante enfatizar que o produto da hidrólise da celulose é a glicose (alimento), e esta, de acordo com a necessidade, poderá ser transformada em energia portátil e matéria-prima para indústria química (álcool) ou em proteína para alimentação humana ou animal (proteínas unicelulares). Energia e proteínas, dois elementos, que segundo os prognósticos, ficarão cada vez mais escassos no futuro.

Na figura 1 mostramos as possibilidades de emprego da glicose obtida pela hidrólise da celulose. Em relação ao etanol, como já foi mencionado, além de poder ser utilizado como combustível portátil pode também ser usado como matéria-prima versátil para a indústria química. Vale neste ponto ressaltar, como o faz Goldstein (18), que 95% dos 18 milhões de toneladas dos principais polímeros sintéticos produzidos nos Estados Unidos, 47% são derivados do etileno, 12% do butadieno e 36% do fenol. Portanto, 59% desses polímeros poderiam ser obtidos do álcool convertido em etileno ou butadieno por processos que podem ser realizados facilmente com rendimentos de 96% e 70%, respectivamente.

A glicose, além de poder ser convertida por fermentação em etanol, metanol ou produzir proteínas unicelulares, pode ser transformada quimicamente em um grande número de produtos químicos de interesse industrial como sorbitol, ácido tartárico, ácido oxálico, etc.

As considerações acima, que aliás não são nossas, mostram porque, principalmente após a chamada crise do petróleo, as pesquisas sobre a hidrólise e a utilização da celulose como matéria-prima para indústria química tomaram novo impulso, como nos dão conta três simpósios sobre o assunto publicados em 1975 (19, 20, 21).

Durante o processo de hidrólise não enzimática da celulose presente na matéria vegetal, as hemiceluloses, que são muito menos resistentes a este processo que a celulose, também são hidrolisadas em xilose e outras pentoses. A xilose pode ser facilmente transformada em furfural que é utilizado como solvente ou como ponto de partida para síntese de outros produtos químicos industriais. Alternativamente as pentoses formadas podem ser utilizadas na produção de proteínas unicelulares.

Vemos assim, que o processo de hidrólise permite aproveitar tanto a celulose como as hemiceluloses. Como a lignina é insolúvel nas condições usadas para hidrólise, ela é obtida como um resíduo. Um grande número de pesquisas têm sido feitas tendo em vista o aproveitamento deste resíduo conhecido como lignina de hidrólise. A utilização que apresentaria maior interesse em nosso país, seria a transformação desta lignina, com rendimento de aproximadamente 50%, em coque metalúrgico de excelente qualidade.

De acordo com Scholler (22) a lignina de hidrólise quando seca pode ser briquetada sem aglomerante e carbonizada facilmente. Os briquetes obtidos são duros e de arestas resistentes apresentando um peso específico superior a 1. Após a carbonização a forma dos briquetes é mantida e obtém-se um rendimento de 50% de carvão e 18% de alcatrão. O coque assim obtido contém cerca de 2% de cinzas que podem ser reduzidas pelo modo com que é feita a sacarificação.

TABELA I — CELULOSE EM RESÍDUOS DAS PRINCIPAIS COLHEITAS BRASILEIRAS

Colheita	Produção anual 1975 (15) t/ano	Resíduos	Produção anual de resíduos (matéria seca) t/ano	Porcentagem de celulose (no resíduo) %	Produção anual de celulose residual t/ano
Cana-de-açúcar (3, 5, 6, 7, 8)	91.993.924	Bagaço: 13% da cana (matéria seca)	11.959.210	50 %	5.979.605
		Folhas e extremidades: 40% da parte aérea (30% de matéria seca)	18.398.784	40 %	7.359.513
					13.339.118
Mandioca (9)	26.528.305	Parte aérea: 50% da planta inteira (30% de matéria seca)	7.958.491	45 %	3.581.321
Milho em grão (10, 11, 4)	14.185.877	Folhas, hastes, sabugo, etc.: quantidade de matéria seca igual ao milho em grão produzido	14.185.877	40 %	5.674.350
Arroz em casca (10, 12, 13)	7.160.127	Cascas: 20% do arroz em casca (90% de matéria seca)	1.288.823	37 %	476.864
		Palha: 1,25 vezes o peso do arroz em casca (30% de matéria seca)	2.681.297	37 %	992.080
					1.468.944
Babaçu (amêndoas) (14)	212.196	As amêndoas correspondem a 6% do peso do coco (85% de matéria seca).	3.006.110	40 %	1.202.444

O alcatrão obtido pela carbonização da lignina de hidrólise contém 50 a 55% de fenóis (23, 24) e os gases combustíveis produzidos possuem um poder calorífico de 5000 a 6000 Kcal/mm<sup>3</sup>. Os produtos da carbonização da lignina assemelham-se aos obtidos da madeira, sendo a principal diferença a presença de maior quantidade de fenóis no alcatrão. Portanto, a produção de coque metalúrgico pela carbonização da lignina seria acompanhada pela formação de subprodutos valiosos que poderiam ser aproveitados como o são aqueles resultantes da fabricação do coque de carvão e do carvão vegetal.

A utilização na metalurgia do coque obtido pela carbonização da lignina de hidrólise vem sendo, ultimamente, investigada com grande interesse pelos pesquisadores russos. O artigo de Okladnikov e colaboradores (25) nos fornece um relato das pesquisas técnicas

e industriais realizadas neste sentido e do qual daremos abaixo um breve resumo.

- 1 — A briquetagem da lignina (8-12% de umidade) é obtida com pressões de 750-1000 kgf/cm<sup>2</sup>.
- 2 — A carbonização é feita a 700°C à razão de 2°C/min.
- 3 — As propriedades dos briquetes carbonizados são: grande resistência à compressão (100-130 kgf/cm<sup>2</sup>); porosidade de 40-55%, estabilidade à temperatura de: 20-30 kgf/cm<sup>2</sup> a 800°C, grande resistência elétrica e um teor de 85-90% de carbono fixo.
- 4 — A utilização de briquetes carbonizados de lignina como redutor de alta qualidade na metalurgia em substituição ao coque pode ser feita na produção de tipos especiais de ferro gusa, ferro es-

- 5 — Nas condições russas, o custo de briquetes de lignina carbonizada é menor que um terço do custo do carvão vegetal, por ser a lignina um subproduto da indústria de saccharificação da madeira.
- 6 — Os autores preveem a curto prazo utilização de 1,2 milhões de toneladas por ano de lignina de hidrólise como redutor metalúrgico.

Considerando que o nosso país não possui carvão coqueificável e que tem de importá-lo por um preço que sofreu um aumento igual ao do petróleo é fácil aquilatar a importância que teria para nós este subproduto industrial de hidrólise da madeira e resíduos celulósicos.

Vemos, deste modo, que o processo hidrolítico ácido quando aplicado à biomassa vegetal permite, a um mesmo tempo obter glicose (processável em combustível portátil, matéria-prima para indústria química ou proteína), pentoses (proteína ou matéria-prima para a indústria química) e lignina (coque metalúrgico de excelente qualidade) (Figura II).

Como este processo parece ser o que melhor cobre as necessidades do nosso país, trataremos dele, e de suas aplicações quase que exclusivamente.

#### PROCESSOS PARA A HIDRÓLISE INDUSTRIAL DA CELULOSE

A hidrólise da celulose pela ação de ácidos teve início com Braconnot há 150 anos. Este cientista dissolvia a celulose da madeira por tratamento com ácido sulfúrico ou ácido clorídrico e em seguida, por aquecimento, obtinha glicose. Este processo, isto é, a transformação da celulose da madeira em glicose (açúcar), ficou sendo conhecido como **sacarificação da madeira**.

Diretamente dos trabalhos pioneiros de Braconnot, seguiu-se o desenvolvimento, dentre outros, dos processos de Bergius, Scholler e dos pesquisadores da Forest Products Laboratory (Madison). Nestes processos, a hidrólise da celulose é conseguida pela ação do ácido clorídrico concentrado (Processo Bergius) ou ácido sulfúrico diluído (Processos Scholler e Madison) e do calor.

Estes processos foram usados em escala industrial durante a II Guerra Mundial em diversos países ocidentais. Atualmente a hidrólise ácida da madeira é praticada em grande escala na URSS, onde em 1970 existiam cerca de trinta fábricas em pleno funcionamento, uma delas (Bratsk) consumindo 1 milhão de metros cúbicos de madeira por ano (26).

Daremos a seguir uma descrição sumária dos principais processos para a sacarificação da madeira. Todos os tratados clássicos sobre tecnologia química descrevem com detalhes os processos Bergius, Scholler e Madison, e a eles enviamos os leitores interessados (22, 27, 28). Quanto aos processos e instalações soviéticas de hidrólise, existe uma copiosa literatura que é publicada na revista especializada "Hidrólise e Indústria Química da Madeira" (Gidrolozmaya i Lesokhimičeskaya Promyšlennost) e em outras revistas técnicas. Infelizmente ainda não nos foi possível obter a grande maioria das publicações originais desta literatura de modo a poder extrair dados concretos relativos aos processos da sacarificação empregados naquele país.

TABELA II — VALOR DOS PRODUTOS DERIVADOS DA CELULOSE

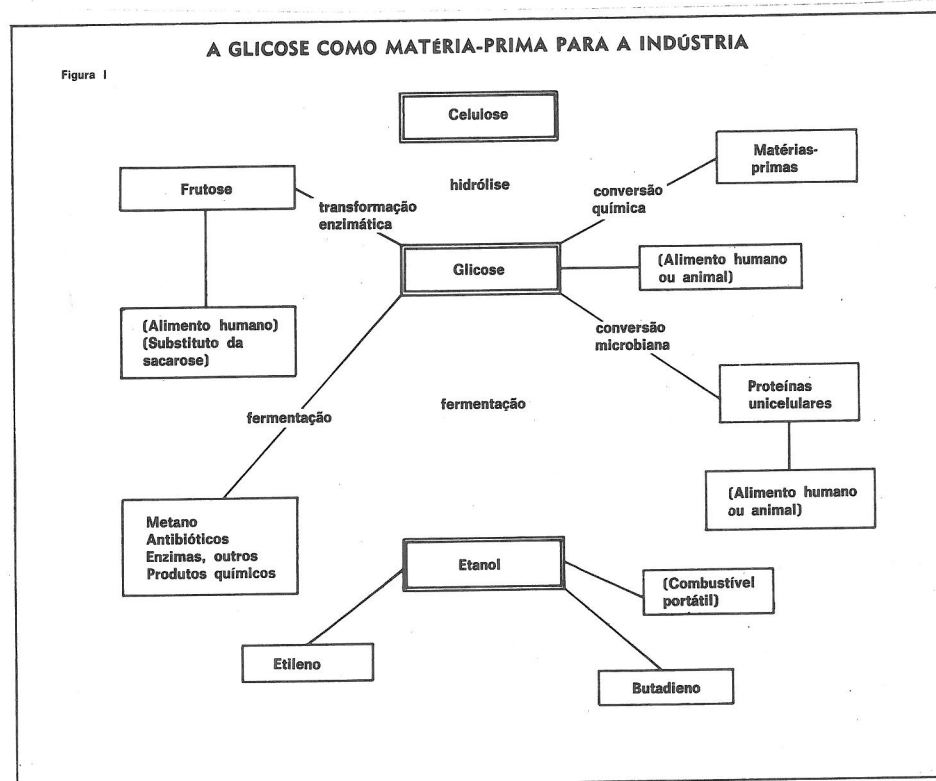
Produto ou uso	Unidade	Valor por unidade Cr\$	Unidades produzidas com 1 kg de celulose	Valor do produto obtido com 1 kg de celulose Cr\$
Como Combustível	10 <sup>3</sup> kcal	0,0414 (*)	4,2	0,174
Metano	10 <sup>3</sup> kcal	0,275 (**)	1,7	0,467
Etanol Industrial Anidro	kg	3,80	0,56	2,128
	kg	4,20 (***)	0,56	2,352
Proteínas Unicelulares	kg	2,80 (****)	0,45	1,260
Glucose	kg	2,29 (****)	0,80	1,83

(\*) Baseado no preço do óleo combustível, Cr\$ 451 por tonelada.

(\*\*) Baseado no preço do gás liquefeito, Cr\$ 3,58 por kg.

(\*\*\*) Preço corrente, Química e Derivados, Junho/Julho de 1976.

(\*\*\*\*) Baseado no preço internacional da soja, US\$ 250 por tonelada.



## PROCESSOS USANDO ÁCIDOS CONCENTRADOS

### Processo Bergius

Neste processo é usado o ácido clorídrico concentrado que dissolve facilmente a celulose da madeira colocada em duas baterias de extractores paralelas de modo a permitirem a extração em contracorrente. O ácido clorídrico ao sair dos extractores contém 32% de carboidratos e é então destilado no vácuo a 36°C. Quase todo o ácido é recuperado nesta operação e o restante o é quando a solução é levada finalmente à secura. Os carboidratos secos contêm glicose, manose, xilose e frutose. Os açúcares assim obtidos estão na sua forma tetramérica, podendo ser transformados na sua forma monomérica por diluição com três volumes de água e aquecimento a 120°C. Duas fábricas usando este processo foram instaladas na Alemanha, uma em Rheinau (1933) e outra em Regensburg (1937) (28).

### Processo Udic-Rheinau (29)

Este processo é uma modificação do Processo Bergius e foi desenvolvido entre 1950-1960. Neste caso, a madeira sub-dividida sofre uma pré-hidrólise com ácido clorídrico a 35%, seguida da hidrólise principal com o mesmo ácido a 41%. Ambos os tratamentos são feitos a temperatura ambiente (20°C). Grande parte do ácido clorídrico é recuperado inicialmente por destilação a vácuo. As soluções obtidas separadamente por pré-hidrólise e hidrólise são então diluídas e sofrem pós-hidrólise contínua a 100°C usando o ácido remanescente. Após filtração e neutralização, as soluções são concentradas, obtendo-se xilose e glicose cristalinas, respectivamente.

### Processo Riga (30)

Neste processo, a madeira é moída em presença de ácido sulfúrico a 75%, o que

ocasiona uma rápida hidrólise da celulose. Após a hidrólise, o ácido é diluído com água e tratado com apatita e o sulfato de cálcio formado é filtrado. Este filtrado, contendo os açúcares e ácido fosfórico, é então neutralizado com cal obtendo-se fosfato de cálcio e uma solução de açúcares que pode então ser usada para obtenção de glicose, para fermentação alcoólica ou então para a produção de proteína unicelular.

### Outros Processos

Muitos outros processos usando ácidos concentrados são citados na literatura tais como os de Giordani-Leone (31), Hokkaido e Nihon-Mozukai-Kagaku (ácido sulfúrico) e o de Noguchi-Chisso (ácido clorídrico) (29).

### Processos usando ácidos diluídos:

#### Processo americano

Este processo, somente de valor histórico, embora resulte em rendimento baixo de açúcares, apresenta vantagem no custo bem inferior do equipamento. As primeiras instalações industriais funcionaram nos Estados Unidos, uma em Georgetown (Carolina do Sul) em 1914 e a outra em Fullerton (Louisiana). Na fábrica de Georgetown a celulose da madeira era hidrolisada com ácido sulfúrico 0,5% em digestores esféricos. Após a hidrólise os açúcares formados eram extraídos em contracorrente obtendo-se uma solução a 9% de açúcares redutores. Esta solução era então neutralizada e fermentada em álcool. As condições de funcionamento da fábrica de Georgetown estão consignadas na tabela III (32, 33).

#### Processo Scholler (22, 28)

Pelo menos cinco instalações industriais de sacarificação da madeira usando o processo Scholler funcionaram entre 1931 e 1950 na Europa. Três na Alemanha (Tornesch, Dassa e Holzminden), uma na Suíça (EMS) e outra na Suécia (Landskrona).

Neste processo a carga de madeira é colocada em percoladores, aquecida a 134°C e extraída repetidas vezes com ácido sulfúrico a 0,6%. A solução de açúcares a 4% assim obtida é neutralizada com hidróxido de cálcio, clarificada por filtração e então fermentada para produção de álcool.

Detalhes relativos a algumas destas instalações são apresentados na Tabela IV.

#### Processo Madison (32, 34, 35)

Em 1943, devido a grande demanda de etanol durante a guerra, o U.S. Forest Products Laboratory iniciou pesquisas no sentido de desenvolver um processo industrial de sacarificação da madeira para a produção de álcool.

Como resultado de pesquisas em laboratório e em fábrica piloto foi montada uma fábrica em Springfield, Oregon. A construção desta fábrica terminou logo após a guerra quando a necessidade de etanol para as indústrias bélicas foi reduzida drasticamente, forçando sua inativação após funcionar por um curto período.

O processo Madison é um processo Scholler modificado e também usa ácido sulfúrico a 0,6%. A temperatura de hidrólise é, entretanto, bem superior, subindo a 185°C e o tempo de percolação bem menor. De acordo com Stamm e Harris (35) o processo Madison produz em 3-3,5 horas mais açúcares que o processo Scholler em 18-24 horas. Também o consumo de vapor é bem menor chegando a ser menos que a metade usada no processo Scholler (36).

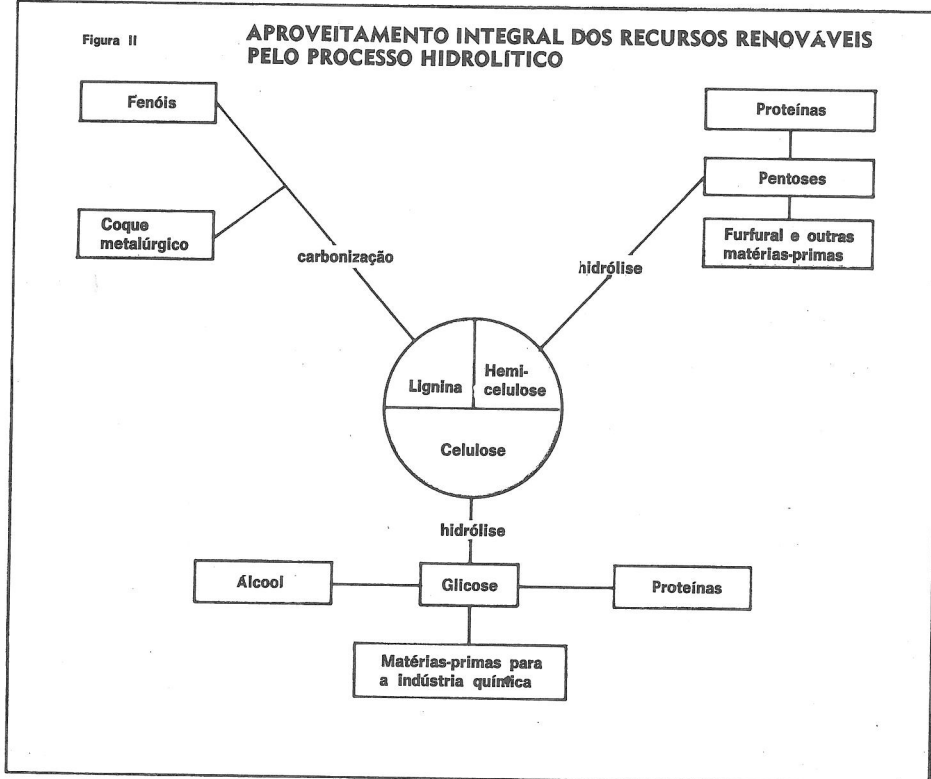
Outras variações do processo Scholler são usadas em diversas fábricas russas. Recentemente, pesquisadores americanos (38, 39, 40, 41) propuseram e investigaram a hidrólise contínua com ácido sulfúrico diluído, para a obtenção de glicose e álcool pela hidrólise da celulose do papel e papelão encontrados no lixo urbano.

A observação da tabela IV mostra que o consumo de energia pelas fábricas usando o processo Scholler é elevado. Este consumo era bastante minorado quando da utilização da lignina produzida como combustível. É possível também, segundo Scholler, diminuindo o tempo de hidrólise (com conseqüente diminuição no rendimento do álcool), aumentar o rendimento do resíduo, de tal modo que a combustão deste último forneça toda a energia necessária para o processo. Segundo este mesmo autor, para obter o resultado acima, torna-se necessário diminuir o tempo de hidrólise em 35%. Entretanto, no processo Madison a energia necessária é cerca de 2,7 vezes menor (36) e no processo proposto por Meller (38), que utiliza três digestores contínuos, o consumo é de somente 4,6 kg de vapor e 0,06 Kwhr por quilo de glicose produzido.

Vê-se também pela tabela III que o rendimento de álcool por tonelada de madeira situa-se entre 184 e 300 litros. Admitindo que a matéria-prima contém 50% de celulose, estes valores representam aproximadamente um rendimento de 50 a 83% do teórico.

## PROCESSO ENZIMÁTICO

Um grande esforço tem sido feito ultimamente no sentido de desenvolver processos para a hidrólise enzimática da celulose. Entretanto, nenhum dos processos elaborados até agora, parece ter merecido suficiente interesse para ser transformado em processo





industrial.

A hidrólise enzimática da celulose apresentava as vantagens usuais a estes processos: 1) ser realizado em condições de temperatura e pressão moderadas; 2) apresentar alta especificidade para o substrato, no caso a celulose, o que permite eliminar a formação de subprodutos indesejáveis.

O maior empecilho a uma eficiente hidrólise da celulose por via enzimática reside nos pré-tratamentos da matéria-prima, necessários para aumentar a digestibilidade do substrato frente à enzima. Estes pré-tratamentos constituem um dos componentes mais onerosos do custo dos processos até agora elaborados, pois chegam a custar 4 centavos de dólar por libra de material processado.

Embora as pesquisas sobre hidrólise enzimática da celulose sejam extremamente importantes e promissoras, tais investigações ainda não frutificaram como processo industrial. Por esta razão, este assunto não será considerado como merece no presente trabalho. Recomenda-se aos leitores interessados a consulta dos três simpósios já aludidos (19, 20, 21).

### CONSIDERAÇÕES SOBRE A ECONOMIA DOS PROCESSOS DE HIDRÓLISE DE CELULOSE

Não é necessário ressaltar que as considerações econômicas relativas a um processo industrial são preponderantes. Por outro lado, torna-se muito difícil tomar as previsões e os cálculos de viabilidade econômica obtidos nos Estados Unidos ou na Rússia e transplantá-los para o nosso país. Tais cálculos terão somente valor muito limitado. Apesar disso, podem servir como elementos valiosos na decisão relativa à conveniência ou não de se iniciar estudos aprofundados, tanto técnicos como econômicos, do processo em causa. São estas, somente, as finalidades das considerações apresentadas a seguir.

Pelo que foi apresentado anteriormente, verifica-se facilmente que a sacarificação da celulose não apresenta grandes problemas técnicos, podendo mesmo ser considerada um processo químico industrial simples. Entretanto, viu-se também que todas as fábricas construídas antes ou durante a guerra nos países ocidentais foram desativadas logo após ou alguns anos depois de cessadas as hostilidades. Vale a pena notar, entretanto, que destino semelhante tiveram também as fábricas americanas que produziam álcool por fermentação de melão ou de matéria-prima amilácea (milho, etc.). Segundo Faith, Keyes & Clark (43), em 1935, 90% do álcool produzido nos Estados Unidos era obtido por fermentação e menos de 10% era de origem petroquímica. Em 1954, 70% do álcool era de origem petroquímica e em 1963 este valor já alcançava 91%. No momento, praticamente todo álcool industrial produzido nos Estados Unidos provém da indústria petroquímica. A razão desta mudança reside fundamentalmente no baixo preço do etileno, que entre 1950 e 1965 era de 4-5 centavos de dólar a libra, caindo em 1966 a 3C e mantendo-se nesse preço até 1973. Isto fica ainda mais claro, quando são examinadas as tabelas que mostram os custos de produção e de matéria-prima para a produção de etanol (Tabelas V e VI). Estes dados, coletados na literatura, são referentes ao período de 1969 a 1974. Por essa tabela verifica-se que tanto o custo de produção como o da matéria-prima para a obtenção de etanol par-

tindo do etileno são mais baixos que os valores correspondentes para a fabricação de álcool partindo da sacarose (melão), do amido (milho, trigo, etc.) ou da celulose (madeira, papel). Entretanto, à medida que o preço do etileno vem subindo, após a chamada crise do petróleo, os processos acima mencionados vão se aproximando de uma maior viabilidade econômica.

No gráfico 1 mostra-se que, embora usando como matéria-prima um resíduo celulósico com preço nulo, o processo hidrolítico estaria longe de ser economicamente viável mesmo com o etileno custando 6C a libra, preço prevalente em 1974. Se considerarmos então o resíduo (bagaço), com seus custos reais entre US\$ 6.0 e 13.0, a diferença entre os dois processos fica ainda mais nítida. Entretanto, como o custo do etileno continua em alta, prevendo-se para 1977 um custo entre 14 e 16 C por libra (47), a diferença entre a viabilidade econômica dos dois processos tende a diminuir.

Por outro lado, não se pode perder de vista a possibilidade de melhoria do rendimento da hidrólise de celulose. Neste caso, a relação 2,25 entre os custos de produção do álcool partindo do etileno e partindo da celulose, tornar-se-ia menor. O aproveitamen-

to das hemiceluloses e da lignina, subprodutos da produção do álcool, quando a madeira e outros resíduos celulósicos são utilizados, provocariam também uma diminuição no custo final do álcool de celulose.

Portanto, o aumento do custo de etileno, o aproveitamento dos subprodutos e uma possível melhoria no processo de hidrólise da celulose, possibilitariam tornar este processo economicamente viável até mesmo nas condições americanas.

A tabela V mostra também os custos de produção do álcool partindo de sacarose (melão), que neste caso apresenta um valor médio de 7,62 c por litro contra 13,57 para a mesma produção partindo da celulose. Estes valores nos fornecem um custo 1,78 vezes maior para o álcool de celulose.

Utilizando os dados obtidos por Borges (48), relativos aos custos de produção de álcool da cana-de-açúcar válidos para a safra de 1973-1974, construímos o gráfico 2 que compara estes custos com os estimados para a produção de álcool pela hidrólise da celulose do bagaço de cana. Vemos neste gráfico que empregando a relação acima calculada (custo de produção do álcool de celulose 1,78 vezes maior que o custo de produção do álcool de sacarose) a utilização do

TABELA III — INSTALAÇÕES INDUSTRIAIS PARA A PRODUÇÃO DE ÁLCOOL DE MADEIRA (Processos usando ácido sulfúrico diluído)

Localização	Processo	Rendimento litros por tonelada de madeira	Capacidade anual litros	Referências
Georgetown, S.C. (U.S.A.) 1914	Processo Americano	83,3	5,3 — 7,3 x 10 <sup>6</sup>	(33)
Tarnesch (Alemanha) 1931	Processo Scholler	200	2 x 10 <sup>6</sup>	(28)
Holzminden (Alemanha) 1937	Processo Scholler	181 — 191	4 x 10 <sup>6</sup>	(28)
E M S (Suíça) 1937 — 1954	Processo Scholler	200 — 300	7,5 x 10 <sup>6</sup>	(28) (37)
Springfield, Or. U.S.A. 1946	Processo Scholler	244	11,3 x 10 <sup>6</sup>	(34)

TABELA IV — CONSUMO MATERIAL E ENERGÉTICO NO PROCESSO SCHOLLER (28)

	EMS 1948	Tornech 1949	Holzminden 1943
Madeira, kg	100	100	100
Acido Sulfúrico, kg	12	7,3	6,7
Cal, kg	12	10	CaO 5,0 Ca(CO <sub>3</sub> ) 6,1
Vapor, kg	440	350	444
Eleticidade, kwh	10	20	8,9
Consumo de Energia, 10 <sup>3</sup> kcal	285,8	237,7	284,9
Energia pela Combustão da lignina, 10 <sup>3</sup> kcal (*)	189,0	189,0	189,0
Déficit de Energia, 10 <sup>3</sup> kcal	96,8	48,7	96,8
Déficit de Energia, kg de vapor	153,6	77,3	153,6
Consumo de Vapor por litro de álcool, kg (**)	7,68	3,86	7,68

(\*) Para um rendimento de 30 kg de lignina por 100 kg de madeira.

(\*\*) Para um rendimento de 20 litros de álcool por 100 kg de madeira.



bagaço residual seria economicamente viável, sendo inferior ao custo do álcool obtido com melaço residual. Se dermos ao bagaço um custo igual ao seu valor como combustível, este seria ligeiramente superior ao custo oficial do álcool de cana prevalente naquela ocasião, porém, bem inferior ao custo do álcool direto.

Usando como matéria-prima outros resíduos da indústria canavieira, as folhas e extremidades, obteríamos álcool cujo custo estimado seria inferior ao preço oficial do álcool e cerca de 28% mais baixo que o do álcool direto.

O custo do álcool direto é aquele que melhor reflete o aproveitamento integral da colheita comercial de cana-de-açúcar. Podemos ver pelo gráfico 2 que o processo hidrolítico quando aplicado ao bagaço residual ainda seria econômico, mesmo que o custo de produção por este processo fosse 3 vezes maior que o custo de produção do álcool de sacarose. Utilizando o bagaço com seu valor como combustível ou as folhas e extremidades, a viabilidade econômica frente ao álcool direto ainda se observaria mesmo com custos de produção 2,45 e 2,75 vezes maiores, respectivamente.

Resultados ainda mais favoráveis são obtidos quando é comparado o custo do álcool de celulose com o de mandioca (amido). Os dados encontrados na literatura (tabela V) indicam um custo de produção de 12,66 c por litro de álcool obtido do amido. Como o custo por litro, do álcool de celulose, é de 13,57 c, este custo de produção é somente 1,07 vezes mais caro que aquele.

No gráfico 3 é feita a comparação do custo estimado do álcool obtido da mandioca com os custos que resultariam do aproveitamento, com o mesmo fim, da celulose da parte aérea desta planta. Verifica-se, neste caso, que se for dada à mandioca um custo de Cr\$ 250 por tonelada, o álcool obtido da parte aérea seria economicamente viável, mesmo que o custo de produção do álcool de celulose fosse até 3 vezes mais alto (e não 1,07 vezes como indica a literatura) que o custo do álcool de amido.

Usando lenha, mesmo ao custo de Cr\$ 200/t, e mandioca a Cr\$ 250/t, o processo seria economicamente viável, ainda que o custo de produção do álcool de celulose fosse 2,5 vezes mais caro que o custo de produção do álcool de amido.

Se somarmos a estas ponderações a pos-

sibilidade do aproveitamento da lignina e das pentoses obtidas como sub-produtos do processo hidrolítico, somos levados a admitir, senão como provável, pelo menos como uma hipótese de trabalho, a viabilidade econômica deste processo quando empregado no aproveitamento dos resíduos da cana-de-açúcar e da mandioca.

#### POSSIBILIDADES DE APLICAÇÃO DO PROCESSO HIDROLÍTICO

Nas tabelas VII e VIII apresentamos os rendimentos estimados que podem ser obtidos pela aplicação do processo hidrolítico a algumas colheitas brasileiras.

No caso da cana, a sacarificação dos resíduos poderia fornecer um aumento de 107% na produção de álcool, subindo o rendimento total para 8.184 litros por hectare, os resíduos fornecendo 224 litros por tonelada. Haveria ao mesmo tempo uma produção de lignina de 3.630 kg por ha e um rendimento em pentoses aproximadamente igual.

A produção de álcool, por tonelada de colheita comercial, pela conversão integral da mandioca (partes aéreas e raízes) seria cerca de 70% superior à da cana-de-açúcar.

TABELA V

#### CUSTO DE PRODUÇÃO DO ETANOL EM FUNÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA (Em centavos de dolar por litro)

Matéria-prima	Ano base	Custo de produção			Custo de matéria-prima	Custo de produção + matéria-prima	Valor dos sub-produtos	Custo final
		Conversão	Capital	Total				
Etileno (44)	1969	4,2	1,54	5,74	4,41	10,15	—	10,15
Etileno (7)	1969	—	—	5 — 7,5	—	—	—	—
Etileno (46)	1970	3,3	2,2	5,5	3,7	9,2	—	9,2
Etileno (45)	1974	—	—	6,6	5,6	12,2	—	12,2
Sacarose (melaço) (7)	1969	—	—	7,5 — 10,0	—	—	—	—
Sacarose (melaço) (11)	1971	4,74	2,32	2,32	12,79	19,85	—	19,85
Sacarose (açúcar bruto) (11)	1971	4,74	2,32	2,32	24,25	31,31	—	31,3

TABELA VI

#### CUSTO DE PRODUÇÃO DO ETANOL EM FUNÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA (Em centavos de dolar por litro)

Matéria-prima	Ano base	Custo de produção			Custo de matéria-prima	Custo de produção + matéria-prima	Valor dos sub-produtos	Custo final
		Conversão	Capital	Total				
Amido (trigo) (44)	1969	8,82	2,20	11,02	—	—	4,63	—
Amido (cereais) (7)	1969	—	—	15 — 17,5	—	—	—	—
Amido (batata) (11)	1971	9,37	2,53	11,9	24,00	35,9	2,87	33,0
Amido (milho) (11)	1971	8,93	2,53	11,46	12,13	23,59	3,09	20,5
Celulose (papel) (42)	1969	—	—	12,76 — 14,99	—	—	—	—
Celulose (papel) (38)	1969	—	—	13,74	—	—	—	—
Celulose (madeira) (11)	1971	—	—	14,33	9,70	24,03	—	24,03
Celulose (papel) (40)	1973	—	—	11,968 — 13,83	—	—	—	—
Celulose (madeira) (45)	1974	10,43	2,54	12,97	—	—	—	—

Entretanto, como o rendimento médio da mandioca por hectare é inferior, essa vantagem desaparece, tornando-se um pouco maior que a metade do rendimento da cana-de-açúcar. A utilização de variedades de mandioca mais produtivas em plantações intensivas e racionais poderá, provavelmente, pôr em evidência o maior rendimento, por tonelada de biomassa, que pode ser obtido da mandioca.

Nas condições de nosso país, a produção de coque metalúrgico, por carbonização da lignina, parece ter importância quase equivalente à da produção de álcool. Como pode ser visto nas tabelas acima citadas, a produção de lignina por estas duas culturas é bem inferior àquelas esperadas pelo aproveitamento do eucalipto ou dos resíduos do babaçu. Por esta razão, mereceria estudo a possibilidade de se reduzir o grau de hidrólise da celulose (diminuindo as quantidades de álcool produzido) de modo a se obter um maior rendimento de resíduo para produção de coque metalúrgico. Este tipo de resíduo (lignocelulósico) obtido por sacarificação parcial pode ser também briquetado e carbonizado para produção de coque (43). No caso da mandioca existe ainda a possibilidade da utilização de variedades arbóreas presumidamente com parte aérea mais abundante e rica em lignina.

É fato conhecido que nosso país não possui reservas adequadas de carvão coqueificável. Sabe-se também que, a grosso modo, necessita-se de uma tonelada de carvão vegetal para cada tonelada de ferro produzido, e que este insumo representa cerca de 50% do custo final do produto. É fácil, portanto, imaginar a importância para o nosso país, tanto econômica como estratégica, da utilização de redutores que se originem de recursos renováveis. Dentro deste quadro pode-se avaliar as sugestões para basear boa parte do nosso programa siderúrgico no carvão vegetal obtido através do reflorestamento intensivo de grandes áreas (44).

A madeira, quando carbonizada, rende aproximadamente 30% de carvão, dos quais cerca de 15% (finos produzidos durante o transporte e manuseio, etc.) não podem ser utilizados diretamente como redutor. O rendimento efetivo em carvão situa-se portanto, em torno de 26%. Pela sacarificação da madeira obtém-se, como valor médio, 30% de lignina que carbonizada resulta em 15% de coque metalúrgico. Dada a natureza dos briquetes carbonizados, não haveria esta percentagem de quebra por formação de finos que, quando formados, seriam aproveitados por briquetagem após mistura com lignina virgem. Esta última possibilidade é claramente demonstrada pelos resultados de Kasamov (54) e col. que obtiveram briquetes com lignina de hidrólise misturada com 44% de carga.

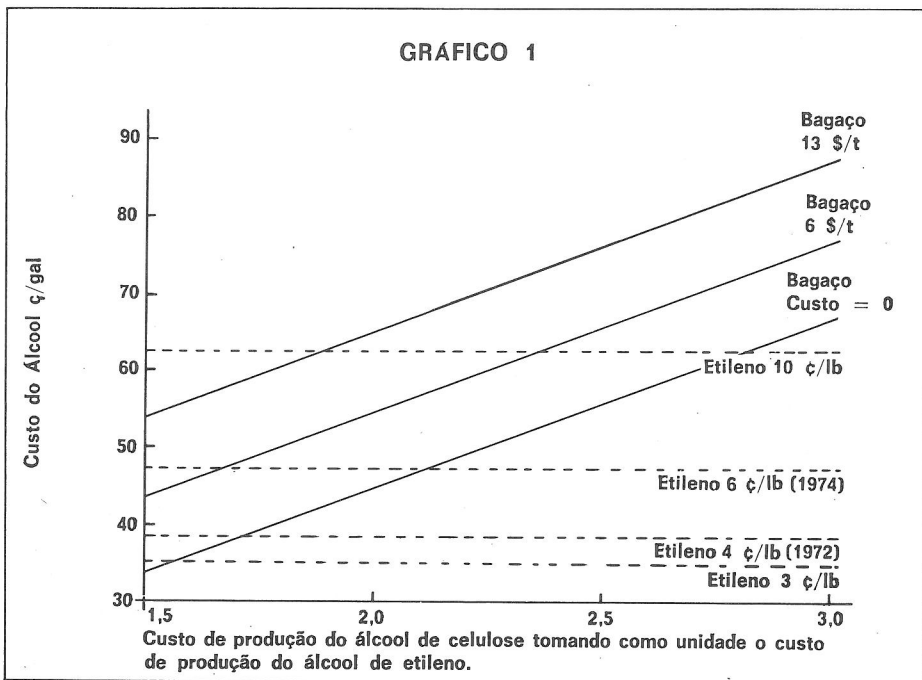
Portanto, o rendimento de coque metalúrgico por hidrólise é 58% do obtido pela carbonização, porém apresenta qualidades superiores e além de tudo é acompanhado da produção de 15 a 30 l de etanol por 100 kg de madeira. Este resultado parece vantajoso mesmo sem mencionar o aproveitamento das hemiceluloses e dos fenóis que podem ser obtidos durante a carbonização da lignina.

Como nos reflorestamentos, tendo em vista a produção de carvão vegetal, o eucalipto é geralmente a árvore usada, torna-se interessante saber que estudos sobre a hidrólise desta madeira mostram que o rendimento em álcool pode variar bastante de espécie para espécie. Assim, o E. obliqua e o E. regnans rendem respectivamente 166 e 178

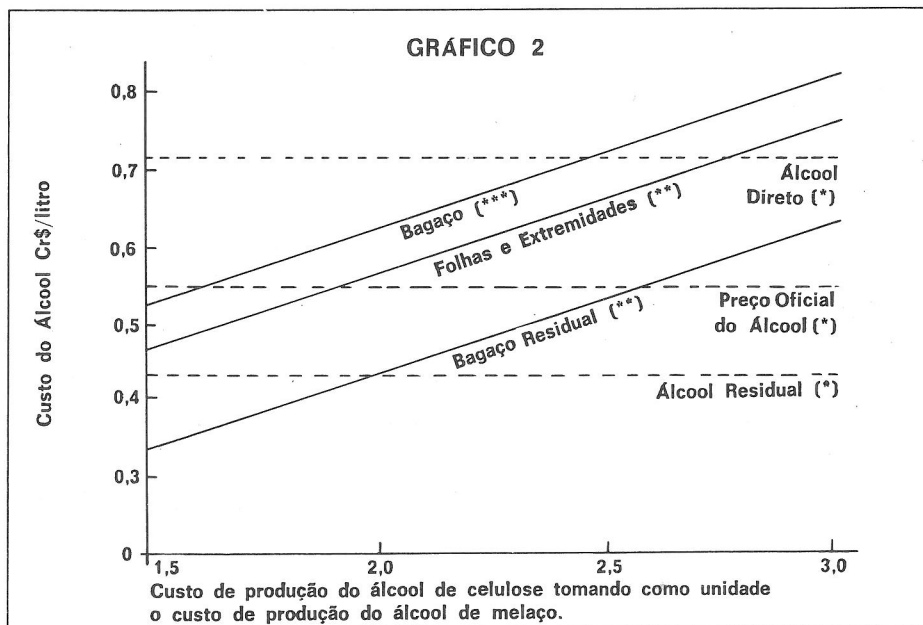
litros de etanol por tonelada (51), enquanto que estudos feitos por Sadir e Papini (55) indicam para uma espécie não identificada um rendimento de somente 104 litros.

Pelo que ficou dito acima, desde que a

espécie de eucalipto plantada seja adequada, por processamento hidrolítico seria possível obter de uma tonelada de madeira 178 litros de álcool e 150 kg de coque metalúrgico. Isto equivale a dizer que com a obtenção de



Gráf. 1 — Custo do álcool de celulose comparado com custo do álcool de etileno. (custo = custo de produção + custo da matéria-prima). Rendimento do álcool de celulose igual a 70% do teórico; bagaço de cana contendo 50% de celulose. Custo do álcool de etileno baseado em (45). Segundo as tabelas V e VI, o custo de produção do álcool de celulose é 2,25 vezes mais caro que o do álcool de etileno. Os custos são dados em dólares e centavos de dólar.



Gráf. 2 — Custo do álcool de celulose comparado com o custo do álcool residual e álcool direto da cana de açúcar, safra 1973-1974. (Custo = custo de produção + custo da matéria-prima). Rendimento do álcool de celulose igual a 70% do teórico e baseado nos dados da tabela I. (\*) Custos obtidos em (48). (\*\*) Custo igual às despesas de carregamento e transporte da lavoura à fábrica (48). (\*\*\*) Custo igual ao seu valor como combustível, em setembro de 1973. Segundo os dados das tabelas V e VI, o custo de produção de álcool de celulose é 1,78 vezes mais caro que o do álcool de sacarose.

TABELA VII

RENDIMENTO ESTIMADO EM ETANOL E LIGNINA PELO APROVEITAMENTO INTEGRAL DE ALGUMAS COLHEITAS	Caná de	Mandioca	Milho	Sorgo	Eucalipto	Babaçu
	açúcar				(E. obliqua)	
Rendimento da colheita comercial, kg/ha	57.327 (SP)	19.627 (PR)	2.240 (SC)	3.550 (50)	18.000 (VI)	—
Relação celulose/colheita comercial (I)	0.145	0.134	0.40	0.130 (16)	—	4.63
Rendimento de celulose kg/ha	8.312	2.630	896	4.610	4.500	—
Rendimento de álcool (celulose) (II) l/ha	4.239	1.341	457	2.351	1.602 (51)	176 (III)
Rendimento de álcool (amido ou sacarose) l/ha	3.945	3.415	827	3.775	—	82
Rendimento total de álcool l/ha	8.184	4.756	1.284	6.126	1.602	258
Aumento de rendimento devido ao aproveitamento da celulose, %	107	39	55	62	—	214
Rendimento de lignina kg/ha	3.630 (V)	1.178 (V)	—	—	2.70	300 (IV)

(I) — De acordo com a Tabela I.

(II) — Baseado em rendimento 70% do teórico.

(III) — Para uma tonelada de resíduos obtidos na produção de 64 kg de amêndoas. Rendimento em álcool baseado em resultados preliminares relativos a quantidade de açúcares fermentescíveis (8).

(IV) — Baseado em uma tonelada de resíduos e em resultados preliminares obtidos no INT (8).

(V) — Resultados baseados em dados preliminares obtidos no INT (8).

(VI) — Rendimento de 24 esteres de madeira (um estere = 500 kg) por ha. ao qual foi somado 50% (600 kg) de resíduos (galhos, folhas, etc.) usualmente não computados. O aumento de 50% é estimativa do autor, necessitando de confirmação experimental.

um milhão de toneladas de coque para a produção de um milhão de toneladas de ferro gusa obteríamos também 1,2 bilhões de litros de etanol. Se o processo de hidrólise usado for o de Riga o mesmo ácido sulfúrico empregado no processo poderia servir também no tratamento da apatita para a produção de fertilizantes fosfatados.

O uso do processo hidrolítico resultaria também em um maior rendimento de biomassa útil por hectare plantado, pois permitiria o aproveitamento dos galhos, pontas e folhas das árvores. Acreditamos que este aumento do rendimento seja de aproximadamente 50%. Isto implicaria na produção, no caso da Eucalyptus obliqua, de 1.600 l de etanol e 1.350 kg de coque metalúrgico por hectare. Pela carbonização da madeira seriam obtidos 1.560 kg de carvão por ha., ou seja, uma quantidade somente 14% superior ao rendimento de coque metalúrgico obtido pelo processo hidrolítico.

Outra vantagem da lignina são suas propriedades aglomerantes que poderiam ser aproveitadas na obtenção de briquetes contendo altas proporções de carvão mineral nacional. Como o conteúdo de enxofre da lignina é desprezível, e o de cinzas é de 2% ou menos, ela poderia ser empregada para diluir as propriedades indesejáveis do nosso carvão, ou seja, seu alto conteúdo de cinzas e enxofre. Alternativamente, os finos de carvão vegetal, poderiam ser aproveitados, com vantagem, por briquetagem, quando misturados com a lignina.

A utilização de outras madeiras é também plenamente viável. O pinheiro, por exemplo, pode dar um rendimento em álcool bem superior ao eucalipto, chegando mesmo

a 300 l/t, como foi verificado na fábrica do Ems (37). Em trabalho pioneiro no Brasil, Sadir e Papini (55 e 56) investigaram o rendimento em álcool, pelo processo Scholler, de 38 espécies de madeiras brasileiras. Destas espécies estudadas, 15 renderam mais de 200 l, 14 de 150 a 200 l, 6 de 100 a 150 l e 3 menos que 100 l por tonelada de madeira. Seria interessante completar este trabalho com o estudo das espécies mais encontradas no cerrado, pois estas são, no momento, usadas extensivamente na produção de carvão vegetal para a siderurgia.

A aplicação dos processos hidrolíticos aos resíduos do coco de babaçu parece ser extremamente interessante. O rendimento de álcool por tonelada de resíduo triplicaria (258 l/t), acompanhado pela produção de 300 kg de lignina, ou seja, 150 kg de coque metalúrgico.

Como a produção anual de amêndoas de babaçu é de aproximadamente 200.000 toneladas (ver Tabela I), teríamos 3 milhões de to-

neladas (matéria seca) de resíduos. Estimase que pelo processo hidrolítico esta quantidade de resíduo poderia render (Tabela VII) 774 milhões de litros de álcool e 900.000 toneladas de lignina que, por carbonização, forneceriam 450.000 t de coque metalúrgico. Sem o aproveitamento hidrolítico da celulose, isto é, somente pela sacarificação do amido, seria obtido cerca de um terço da produção de álcool (246 milhões de litros) acima referida e, pela carbonização do resíduo, 900.000 t de carvão vegetal, uma quantidade duas vezes maior que a de coque metalúrgico. Levando em conta os preços correntes destes produtos, podemos verificar que a produção resultante do processo hidrolítico teria um valor cerca de três vezes maior que a obtida pelo outro processo.

Como vimos acima, uma utilização eficiente dos recursos renováveis depende sobremaneira do aproveitamento da celulose. Portanto, a conversão do papel e papelão, encontrados no lixo, em produtos úteis con-

TABELA VIII

	RENDIMENTO DE ÁLCOOL, LIGNINA E COQUE METALÚRGICO PELA APLICAÇÃO DO PROCESSO HIDROLÍTICO						
	Resíduo (matéria seca) t/ha	Álcool de Celulose		Lignina		Coque Metalúrgico	
		l/ha	l/t	Kg/ha	Kg/t	Kg/ha	Kg/t
Caná de açúcar	18.918	4.239	224	3.630	192	1.815	96
Mandioca	5.888	1.341	227	1.178	200	569	100
Eucalipto	—	1.602	—	2.700	300	1.350	150
Babaçu	—	—	176	—	300	—	150

tribuiria indiretamente para um melhor aproveitamento da biomassa renovável.

Tanto a quantidade produzida por habitante, como o conteúdo em papel do lixo variam bastante de cidade para cidade, de país para país e com muitos outros fatores. De acordo com o trabalho de Camardella (57), o lixo doméstico coletado em 1964 na cidade do Rio de Janeiro continha em média 22% de papel e a produção por habitante era de aproximadamente 1 kg por dia.

Investigações feitas em outros países (58) mostram que a quantidade produzida por habitante e a quantidade de papel no lixo crescem continuamente. Na ausência de dados concretos atuais para as cidades brasileiras é permissível, baseado no que foi dito acima, estimar que houve um aumento de 50% naquelas quantidades. Deste modo, a estimativa atualizada seria de 1,5 kg de lixo, por habitante, contendo 33% de papel.

Determinações feitas neste Instituto (59) mostraram que por hidrólise ácida, amostras de papéis usados no Brasil podem fornecer mais de 80% do seu peso em glicose, com exceção do papel de jornal que dá um rendimento próximo a 70%.

Levando em conta os valores acima, pode-se calcular que uma cidade de um milhão de habitantes produziria cerca de 1500 toneladas diárias de lixo, contendo 500 toneladas de papel, que poderiam ser convertidas em 200.000 ou 300.000 litros por dia de etanol.

No aproveitamento do lixo para a produção de álcool, os trabalhos de Mitchell (39) e Couverse e colaboradores (40) são importantes, pois mostram que não há necessidade de ser feita previamente a separação do

material celulósico que vai ser convertido, isto é, o lixo pode ser processado diretamente como recebido. O hidrolisado obtido nestas condições sustenta o crescimento do *Sacharomyces cerevisiae*, permitindo a obtenção de rendimento de álcool entre 85 a 93% (média de 89,8% para onze experiências) do valor teórico.

As investigações feitas por Fagan (38) e as já citadas de Converse e colaboradores, mostram que a aplicação da hidrólise ácida para o aproveitamento do papel encontrado no lixo para a produção de álcool etílico é economicamente viável, até mesmo nas condições americanas. De acordo com as estimativas feitas por estes últimos autores, uma fábrica com a capacidade de converter 250 t/dia de lixo, contendo 50% de papel, produziria etanol a um custo de 51,7 centavos de dólar americano por galão. Este valor é ligeiramente inferior ao custo do álcool de etileno cotado, na época em que foi feita a estimativa (1974), em 52 c por galão. Segundo estes autores, custos ainda mais baixos para o álcool poderiam ser obtidos com fábricas de capacidade diária de 500 a 1000 t de lixo.

Outro fator que torna particularmente atrativa, do ponto de vista econômico, a produção de álcool etílico partindo do lixo urbano é a necessária localização das instalações industriais de conversão junto às cidades; isto é, próximas das fontes de matéria-prima. Como o álcool produzido seria consumido pela mesma cidade que forneceu a matéria-prima, as despesas com transporte seriam sensivelmente diminuídas. Num país como o Brasil, de dimensões continentais, esta vantagem parece-nos bastante importante.

É importante não tomar como realidades as estimativas, hipóteses e sugestões feitas neste estudo. Entretanto, as ponderações apresentadas parecem nos levar à conclusão que seria conveniente, dir-se-ia mesmo importante para o nosso país, realizar com urgência investigações tanto químicas como econômicas sobre a utilização dos processos hidrolíticos no aproveitamento de nossos recursos renováveis.

Ainda na hidrólise da madeira, convém ressaltar dois processos japoneses interessantes: o Noguchi-Chisso, que usa ácido clorídrico gasoso a uma temperatura de 50° e com tempo de ciclagem de 1 hora e rendimento de quase 100%. A recuperação do HCL gasoso é feita através do HCL gasoso quente. Em 1956, no Japão funcionou uma fábrica com esse processo, fábrica piloto de 1 tonelada/dia.

Estive no Japão procurando visitar essa fábrica, mas infelizmente ela já havia sido desmontada. Fui ao Instituto Noguchi, onde falei com Suzuki, que trabalhou nessa empresa. Em sua opinião é impraticável recolher a tecnologia desse processo, que é dos mais interessantes.

O outro processo japonês é o Hokaido, que usa ácido sulfúrico concentrado, a uma temperatura de 40°, com ciclagem de 1 hora e rendimento muito bom e recuperação do ácido clorídrico por troiãoia. Uma fábrica piloto de 5 toneladas/dia funcionou em 1960, em Hassaygawa, mas houve certos problemas e ela fechou.

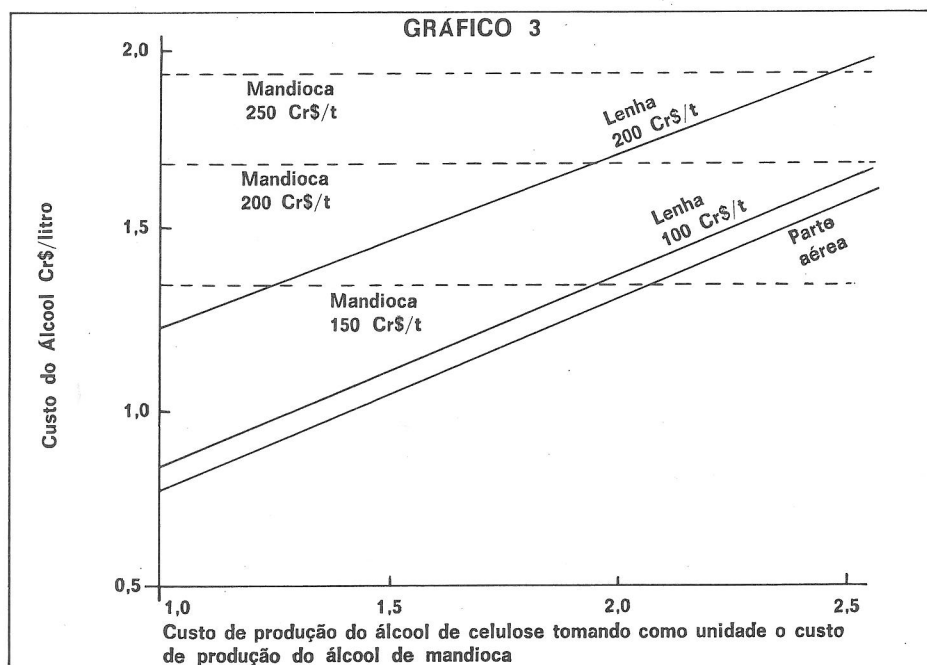
Tenho a impressão de que esse processo ainda pode ser ressuscitado, porque o seu principal investigador, T. Kobayashi, permanece em atividade e tem publicado artigos a respeito do melhoramento desse processo. É possível que ele, com mais uma firma de engenharia japonesa, se anime a montar uma fábrica piloto para utilização desse processo.

Olhando todos esses processos, a que conclusão chegamos? Se quisermos uma solução a curto prazo, o que deveremos escolher?

Parece-me que não há outra solução senão adotar o processo soviético, porque os soviéticos, além de serem os detentores da tecnologia, são os únicos no mundo que se utilizam do processo industrialmente. A nossa opção, portanto, é a adoção desse processo que estamos tentando conseguir.

Já entramos em entendimentos com as autoridades soviéticas para uma possível implantação da sua tecnologia sobre os aspectos desse processo, porque é claro que não é necessária toda a tecnologia de fermentação. A única tecnologia de que necessitamos para o desenvolvimento dessa indústria no Brasil é especificamente a da hidrólise da madeira, isto é, apenas o hidrolisador e o equipamento correspondente. Tudo o mais, como produção de furfural, crescimento de biomassa, fermentação alcoólica, podemos fazer isoladamente.

É preciso, também, desenvolver estudos com profundidade a respeito de pesquisas realizadas pelos neozelandeses, que prometem montar uma fábrica piloto para a utilização do processo Madison, embora tenham estudado profundamente o processo Hokaido. A Austrália também fez um estudo da viabilidade de produzir álcool etílico a partir da hidrólise da madeira, como substituto do petróleo.



Gráf. 3 — Custo do álcool de celulose comparado com o custo do álcool de mandioca. [Custo = custo de produção + custo da matéria-prima]. Rendimento do álcool de celulose igual a 70% do teórico e baseado nos dados da tabela I e lenha, contendo 50% de celulose. Custos do álcool de mandioca baseados em (49) para fábrica de 90.000 l/dia e 170 l/tonelada de mandioca. De acordo com os dados da tabela I, o custo de produção do álcool de celulose é 1,07 vezes mais caro que o do álcool de amido.



## BIBLIOGRAFIA

1. LIETH, H. & WHITAKER, R. H. — Primary productivity of the biosphere. New York, Spring Verlag, 1975. 339 p.
2. PIMENTEL, D. et alii. — Energy and land constraints in food protein production. *Science*, 190 (4216):745-61, nov. 1975.
3. STEPHENS, G. R. & HEICHEL, G. H. — Agricultural and forest products as source of cellulose. In: WILKE, C. R. — Cellulose as a chemical and energy resource. New York, Wiley, 1975. p. 27-42.
4. ARNOLD, L. K. — The commercial utilization of cornstalks. In: MANTELL, C. L. — Solid wastes. New York, Wiley, 1975. p. 377-91.
5. VAN DILLEWIJN, C. — Botanique de la canne a sucre. Wageningen, H. Vee-mann & Zomen, 1960, v. 1.
6. VAZQUEZ, E. A. — Utilização de los residuos de la industria azucarera. La Habana, Ed. Tecnico Azucareiro, 1951. 308 p.
7. PATURAU, J. M. — By-products of the cane sugar industry. New York, Elsevier, 1969. 274 p.
8. MARTINS, M. J.; PERRONE, C. C.; PERRONE, J. C. — Resultados não publicados.
9. ALBUQUERQUE, M. — A mandioca na Amazônia. Belem, SUDAM, 1969, 277 p.
10. PICCIONI, M. — Dicionario de alimentacion animal. Zaragoza, Ed. Acribia, 1970. 819 p.
11. CLARK, D. S. et alii. — Ethanol from renewable resources and its application in automotive fuels. Ottawa, Canadian Wheat Board, 1971. 118 p.
12. MANTELL, C. L. — Solid wastes. New York, Wiley, 1975. p. 451-53 e 907-13.
13. GRIST, D. H. — Rice. 5.ed. London. Longman, 1975. p. 240.
14. LEITE, J. Ribamar Teixeira — Industrialização da casca do coco de babaçu. Rio de Janeiro, Ministério da Viação e Obras Públicas, Departamento Nacional de Iluminação e Gás, 1953.
15. ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL 1975 — Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1975.
16. WALL, J. S. & ROSS, W. M. — Sorghum production and utilization. Westport, Conn., The Avi Publ. Co., 1970. p. 120 e 126.
17. DUNLAP, C. E. — A note on the value of cellulose. In: WILKE, C. R. — Cellulose as a chemical and energy resource. New York, Wiley, 1975. p. 73-75.
18. GOLDSTEIN, I. S. — Potential for converting wood into plastics. *Science*, 189(4206):847-52, set. 1975.
19. WILKE, C. R. — Cellulose as a chemical and energy resource. New York, Wiley, Interscience, 1975. 361 p. (Biotechnology and Bioengineering Symposium n.5).
20. CELLULOSE CONFERENCE, 8. Syracuse, New York, 1975. — Proceedings ... New York, Wiley, 1975. v. 1: Wood chemicals — A future challenge. (Applied Polymer Symposia n.28).
21. SYMPOSIUM ON THE ENZYMATIC HYDROLYSIS OF CELLULOSE — Proceedings ... Helsinki, Biotech. Lab. Tech. Res. Center, 1975.
22. SCHOLLER, H. — La saccharification du bois. In: WINNACKER K. & KUCHLER, L. — Traité de chimie appliquée. Chimie organique. Paris, Ed. Eyrolles, 1967. p. 142-70.
23. PANASYUK, V. G. — Pyrolysis of lignin from the hydrolysis industry. *Trudy Leningrad. Lesotekh. Akad. im. S. M. Kirova.* (75):133-43, 1956. Cf. C.A., 53:10744i, 1959.
24. GLADKOVA, N. Ya.; SOKOLOVA, N. A.; LEVIN, E. D. — Pyrolysis of briquetted lignin to obtain semicoke and resins. *Khim. Ispol'z. Lignina.* 434-40, 1974. Cf. C.A., 82: 100447n, 1975.
25. OKLADMIKOV, V. P. et alii. — Hydrolysis lignin as a reducing agent in metallurgy. *Gidroliz. Lesokhim. Promst.* (7):1-3, 1974.
26. KRATZL, K. — The Leningrad Academy of Wood and Wood Technology. Notes about chemical wood research specially lignin research in the USSR. *Holzforsh. Holzverwert.* 23 (1):16-17, 1971.
27. KIRK, R. E. & OTHMER, D. F. — Encyclopaedia of chemical technology. New York, Interscience Publ., 1947. v. 1 p. 271-77.
28. LUERS, H. — Holzverzuckerung. In: ULLMANN'S Encyclopädie der Technischen Chemie. Munique, Urban und Schwarzenberg, 1957. v. 3 p. 591-99.
29. LOCKE, E. G. & GARNUM, E. — Working party on wood hydrolysis. *Forest Prod. J.*, 11(8):380-82, 1961.
30. KALNINS, A. & ODINCOVS, P. — New possibilities in saccharification of pulpwood. *Latvijas PSR Zinatnu Akad. Mezsaimniecibas Problemu Inst. Raksti*, 13: 5-8, 1957. Cf. C.A., 54:8076g, 1960.
31. MELONI, G. — L'industria dell'alcole. Milano, U. Hoepli, 1953. v. 2 p. 291-22.
32. SAEMAN, J. F. & ANDREASEN, A. A. — The production of alcohol from wood waste. In: UNDERKOPFLER, L. A. & HICKEY, R. J. — Industrial fermentations. New York, Chemical Publ. 1954. p. 136-71.
33. SHERRARD, E. C. & KRESSMAN, F. W. — Review of processes in the United States prior to World War II. *Ind. Eng. Chem.*, 37(1):5-8, jan. 1945.
34. HARRIS, E. E. & BELGLINGER, E. — Madison Wood sugar process. *Ind. Eng. Chem.*, 38(9):890-95, set. 1946.
35. STAMM, A. J. & HARRIS, E. E. — Chemical processing of wood. New York, Chemical Publ., 1953. 595 p.
36. FUNK, H. F. — Recovery of pentoses and hexoses from wood and other materials... In: CELLULOSE CONFERENCE, 8. Syracuse, New York, 1975. Proceedings... New York, Wiley, 1975. v. 1 p. 145-52.
37. OSTERTAG, A. — Wood saccharification plants in Domat-Ems. *Schweiz. Bauztg.*, 73:287-92, 327-33, 355-8, 422-25, 1955. Cf. C.A., 49:16428e, 1955.
38. FAGAN, R. D. — The acid hydrolysis of refuse. Hanover, N. H., 1969. Tese (Master Eng.) — Thayer School of Engineering. Dartmouth College.
39. MITCHELL, D. W. — Growth of yeast on refuse hydrolysate. Hanover, N. H., 1973. Tese (Master of Science) — Thayer School of Engineering. Dartmouth College.
40. CONVERSE, A. O. et alii. — Acid hydrolysis of cellulose in refuse to sugar and its fermentation to alcohol. Washington, Environmental Protection Agency, 1973. 105 p.
41. GRETHLEIN, H. E. — The acid hydrolysis of refuse. In: WILKE, C. T. — Cellulose as a chemical and energy resource. New York, Wiley, 1975. p. 303-18.
42. MELLER, F. H. — Conversion of organic wastes into yeast. Rockville, Maryland, U.S. Department of Health, Education and Welfare, 1969. 173 p.
43. LOWENHEIM, F. A. & MORAN, J. K. — Faith, Keves and Clark's industrial chemicals. 4.ed. New York, Wiley, 1975. 904 p.
44. MILLER, D. L. — Industrial alcohol from wheat. In: NATIONAL UTILIZATION RESEARCH CONFERENCE, 6., Oakland, Cal., 1969. Proceedings... Oakland, Cal., Western Regional Laboratory of USDA, 1969. Citado em (11) p. 75.
45. MILLER, D. L. — Ethanol fermentation and potential. In: WILKE, C. R. — Cellulose as a chemical and energy resource. New York, Wiley, 1975. p. 345-52.
46. BUSHUK, W. — Production of ethyl alcohol from grain. Preliminary report. Unpublished. Winnipeg, Manitoba, University of Manitoba, 1970. Citado em (11) p. 75.
47. CHEMICAL prices expected to continue to rise. *Chem. Eng. News*, 52 (40):8-9, dez. 9, 1974.
48. BORGES, J. M. M. — Aspectos econômicos da produção de cana de açúcar e álcool. In: SEMINÁRIO COPERSUCAR DA AGRO INDÚSTRIA AÇUCAREIRA, 3. Águas de Lindóia, 1975. Anais... Águas de Lindóia, 1975. p. 37-72.
49. BRASIL, Secretaria de Tecnologia Industrial — O etanol como combustível. Brasília, STI/MIC, 1975. 94 p.
50. SERRA, G. E. — Algumas considerações sobre as possibilidades de matérias-primas para produção de álcool etílico. *Brasil Açucareiro*, 87(3):44-51, mar. 1976.
51. HARRIS, E. E. — Production of alcohol from Australian woods. *J. Council Sci. Ind. Res.*, 19(3):303-10, ag. 1946.
52. ALEMANHA, P. I. n. 871 740. Stable low-temperature coke from lignin. Empresa Nacional «Calvo Solelo» de Combustíveis Líquidos e Lubrificantes. 26 mar. 1953. Cf. C. A., 52:P15035e, 1958.
53. FLORESTAL ACESITA S.A. — Opção pela siderurgia a carvão vegetal. Trabalho apresentado no 31º Congresso da Associação Brasileira de Metais, Belo Horizonte, julho 1976.
54. KASIMOV, A. M.; PROSPELOV, Yu. P.; VRUBLEVSKII, Yu. P. — Hydrolytic lignin in the ferroalloy industry. *Gidroliz. Lesokhim. Prom. st.* (7):6-7, 1975. Cf. C.A., 84: 32836 c, 1976.
55. SADIR, R. & PAPINI, R. S. — Industrialização dos resíduos celulósicos: obtenção de álcool etílico ou etanol. In: INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, São Paulo. — Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos. Campinas, 1965/66. v. 1 pt. 2 p. 379-433.
56. PAPINI, R. S. & SADIR, R. — Industrialização do estipe da palmeira babaçu para obtenção de etanol ou de Torula Utilis. In: INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, São Paulo. — Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos. Campinas, 1965/66. v. 1 pt. 2 p. 567-633.
57. CAMARDELLA, Aimone. — Industrialização do lixo no Estado da Guanabara. Rio de Janeiro, Instituto Nacional de Tecnologia, Superintendência de Urbanização e Saneamento, 1964. 11 p. Quarto Relatório Trimestral do Convênio assinado em 10-6-63 entre a SURSAN e o INT.
58. VAN DER BROEK, E. & KIROV, N.Y. — The characterization of municipal solid wastes. In: KIROV, N.Y. — Solid waste treatment and disposal. Ann Arbor, Ann Arbor Science Publ., 1972. p. 23-29.
59. PERRONE, C. C.; MARTINS, M. J.; PERRONE, J. C. — Resultados não publicados.

## DEBATES

Paulo T. Alvim — Deixamos agora a palavra livre para que os senhores se manifestem, se desejarem fazer qualquer pergunta, de preferência por escrito.

Luís Correa da Silva — Gostaria de um esclarecimento quanto ao que estão fazendo os soviéticos com a lignina.

J. C. Perrone — Os soviéticos construíram uma fábrica semi-industrial para produção de 14 mil toneladas de coque metalúrgico a partir da carbonização da lignina. Na verda-

de, eles fazem isto apenas para aproveitar a lignina, pois na União Soviética sobra carvão para coqueificação. Além disso, a lignina é usada como combustível.

**Paulo T. Alvim** — Temos agora a pergunta do senhor Norberto Lederer, da Techint: Qual o rendimento em litros de álcool por tonelada de eucalipto seco? Qual o tamanho das usinas soviéticas? Quantas toneladas de vapor por tonelada álcool? Investimento?

**J. C. Perrone** — No momento, estou habilitado a responder apenas qual é o rendimento — ele varia entre 175 e 200 litros por tonelada, dependendo da variedade. O consumo de vapor é razoável, tanto é que o consumo de combustível de uma usina soviética é igual à metade do valor da matéria-prima consumida. Esse é um defeito da processo SCHOLLER — ele utiliza muita energia. E todo interesse no desenvolvimento dos processos com ácidos concentrados está exatamente no fato de a temperatura ser muito mais baixa, economizando combustível.

Sobre quantas toneladas de vapor por tonelada de álcool não posso informar, no momento. Tenho grande quantidade de documentos trazidos da Rússia, que estão ainda sendo traduzidos.

No caso do babaçu, esse cálculo é feito assim porque é feito por tonelada de resíduo, 300 quilos de lignina por tonelada de resíduo.

Rendimento de álcool, lignina e coque metalúrgico pelo processo hidrolítico: na cana-de-açúcar, teríamos álcool de celulose, sendo 4.239 litros por hectare, e 224 litros por tonelada; lignina, teríamos 3.630; a cana-de-açúcar poderia dar 1,8 toneladas de coque por hectare; a mandioca, 570 quilos; o eucalipto, 1.350 toneladas por hectare.

O babaçu não é computado dessa maneira. Então, temos o resultado em quilogramas, por tonelada de matéria seca.

A cana-de-açúcar dá 95 quilos por tonelada de coque metalúrgico; a mandioca 100; o eucalipto, 150 e o babaçu, 150 quilos por tonelada.

No caso do eucalipto, em Minas, que é usado para carbonização, o que achamos interessante é, em vez de carbonizar esse eucalipto, simplesmente fazer a hidrólise do eucalipto; da celulose produz-se-ia o álcool e da lignina remanescente, o coque metalúrgico.

Qual seria o rendimento do coque metalúrgico, comparado com a produção de carvão vegetal? Como para fazer o carvoejamento é preciso certo tamanho de eucalipto, nós achamos, e parece-me estar correto, que poder-se-ia utilizar 50% a mais da biomassa.

Como já disse, o eucalipto para ser carvoejado precisa ser usado em tamanho relativamente grande. A parte de galhos, folhas etc. não pode ser usada. Isso corresponde a mais ou menos 50% do rendimento por hectare. Esses 50% não usados no carvoejamento poderiam ser usados no processo hidrolítico para produzir álcool e lignina.

Nós vimos que o eucalipto contém aproximadamente 30% de lignina. Essa lignina daria, por carbonização, 15% de coque metalúrgico. Então, 1 tonelada de eucalipto daria 150 quilos de coque. Uma tonelada de eucalipto, quando carbonizado, deve dar, em média, 26 ou 27 quilos de carvão.

Agora, como a quantidade de eucalipto utilizada é maior, no caso do processo hidrolítico, o rendimento do coque metalúrgico, no mesmo processo é maior, ficando cerca de no máximo 20% a menos. A quantidade de coque metalúrgico produzida pela carbonização da lignina é somente de 20% menos que a quantidade de carvão obtida pela mesma quantidade de eucalipto. Isto sem dizer que, quando se obtém o coque metalúrgico da lignina, obtém-se também álcool puro, aldeído etc. Parece ser um processo bastante mais interessante. O mesmo pode ser dito quanto ao babaçu.

Estamos desenvolvendo pesquisas no INT sobre esses processos todos de hidrólise e também sobre a questão da produção do coque de lignina.

Resultado dos coques obtidos pela carbonização da lignina de diversas matérias-primas: o eucalipto, por exemplo, apresentou um rendimento na carbonização, de 46,7. Chamo a atenção para a resistência à compressão que é de 160 quilos por  $\text{cm}^2$  — é uma resistência igual à dos melhores coques metalúrgicos; umidade; materiais voláteis; carbono fixo 90,74; cinza 0,53 etc.. O pinho também deu muito bom resultado, sendo, entretanto, um pouco menor a resistência; o babaçu é que deu um resultado extraordinário. O rendimento de carbonização é um pouco menor; entretanto, a resistência à compressão é de 53 quilos por  $\text{cm}^2$ . Quanto às cinzas, podemos observar que a do eucalipto é de meio por cento. O babaçu de cana deu 14,91%, e estamos investigando isto. O babaçu também deu uma cinza alta. Parece, entretanto, que isto é comum nos carvões obtidos pela carbonização do babaçu.

Vemos, então, que essas propriedades estão perfeitamente dentro das propriedades de um coque metalúrgico. Não estamos tratando aqui de carvão vegetal, mas, sim, de coque metalúrgico, cujas propriedades são inteiramente semelhantes.

Vamos mostrar agora um trabalho que está sendo feito no Instituto.

A análise da potencialidade do eucalipto mostra-nos que ele pode dar 58,27% de açúcares potenciais, sendo 45,03 fermentáveis e 34,18 de lignina. Os galhos e as folhas têm mais lignina que o tronco e menos açúcares totais.

A análise do babaçu mostra o seguinte: o epicarpo dá 55% de açúcares totais, o mesocarpo, 88,72% e o endocarpo, 50%. O coco total dá 57,5%. O coco total apresenta, ainda, 32,23% de lignina e 40,11% de açúcares fermentáveis (açúcares que produzem álcool); os demais podem ser utilizados para crescimento de biomassa.

Na hidrólise do babaçu com ácido sulfúrico concentrado, atinge-se até 99% do teórico. Na hidrólise do babaçu com HCL gasoso obtém-se 99%, 100% e 97% do teórico; resultados excelentes, portanto.

**Paulo T. Alvim** — Temos aqui uma pergunta sobre investimentos, do senhor Mauro Andrade, do Banco Itaú: Gostaria que o autor desse as bases de cálculo dos investimentos das fábricas e fornecesse os percentuais que usou para os custos de capital.

**J. C. Perrone** — Não usamos, neste caso, o processo antigo, mas sim o trabalho

australiano de Simon. Só fazemos uma transposição de equipamentos, mão-de-obra etc. para as condições brasileiras. Mas, todos esses cálculos, no momento, são muito precários.

Enquanto não tivermos todos os dados soviéticos, que são dados médios, reais, das indústrias em que operam, não será possível uma avaliação correta, que mereça confiança.

**Paulo T. Alvim** — Pergunta do Sr. F. V. A. Franceschini, da Escola Politécnica da USP: 1) Como se efetuará, na usina experimental da URSS, a coqueificação da lignina? 2) Como foram efetuados esses ensaios no I.N.T., sobre coqueificação da lignina?

**J. C. Perrone** — O trabalho fundamental, nisso, é de Okladnikov. A carbonização da lignina é feita a 700 graus. Primeiro, briquetta-se a lignina — e devo dizer que ela não precisa de aglomerante para dar um ótimo briquete —, depois a pressão é de mais ou menos 1.000 Kg/cm<sup>2</sup>, perfeitamente dentro do nível da briquetagem comercial. Depois de briquetada, ela é carbonizada, como se fosse madeira, na ausência do ar, até 700 graus.

**F. V. A. Franceschini** — O processo é F.M.C., em retorta fechada?

**J. C. Perrone** — Exatamente.

**Paulo T. Alvim** — Pergunta o Sr. Duílio Mattos, da Florestamina: Gostaria de saber se fizeram qualquer cálculo, mesmo que hipotético, a respeito dos investimentos industriais para utilização do eucalipto.

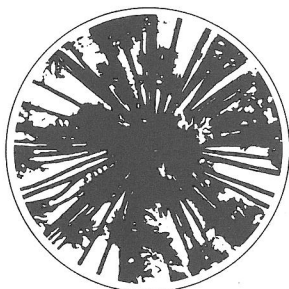
**J. C. Perrone** — Realmente, nada fizemos a esse respeito. Mas o que nos norteou, quanto ao eucalipto, foi o seguinte: em Minas Gerais nós queimamos eucalipto para produzir carvão; com muito mais vantagem pode-se pegar o eucalipto, hidrolizar, obter álcool, furfural e, ainda, quase a mesma quantidade de coque. Acredito pois, que deva ser econômico, salvo erro ou omissão.

**Paulo T. Alvim** — A última pergunta, do Grupo Belgo-Mineira, pede esclarecimento quanto ao "coque metalúrgico": 1) — número de ensaios; 2) — temperatura dos ensaios da resistência; 3) — Há possibilidade de se efetuarem os ensaios à temperatura de 800°C?

**J. C. Perrone** — O número de ensaios foi muito menor do que nós desejaríamos. Devo esclarecer que esse nosso projeto iniciou-se quatro meses atrás. Apesar do entusiasmo da minha turma — 15 que estão aqui — não pudemos ainda trabalhar mais rápido. Mas no caso da resistência nós fizemos à temperatura ambiente. Usamos no ensaio dez corpos de prova, acho insuficiente. Quanto à temperatura, gostaríamos de fazer o ensaio a 800 graus, se tivéssemos equipamento; mas os russos já fizeram, e posso dar o resultado. Fizeram a 800°, 20 a 30 Kg/cm<sup>2</sup>.

Estamos bem no início do nosso trabalho. Para mim, essa questão do coque é de tanta importância quanto a questão do álcool. Portanto, vamos trazer todo o equipamento necessário para os testes de coque. O problema, aí, é saber se isso é testado como coque ou como carvão vegetal.

# Seminário



## **FLORESTA** **potencial energético brasileiro**

**SEGUNDA SESSÃO**, realizada às 15h30  
do dia 8/8/77, no Estúdio G do Palá-  
cio das Convenções, Parque Anhem-  
bi — SP.

**ESTRATÉGIAS E PRIORIDADES  
NO USO DA MADEIRA PARA  
MINIMIZAR A CRISE ENERGÉTICA**

### **MESA DIRETORA**

**PRESIDENTE**

— **AFFONSO A. L. VITULE**  
Presidente da ARBRA

**MODERADOR**

— **HELLÁDIO DO AMARAL MELLO**  
ESALQ/USP

**CONFERENCISTA**

— **JEROME F. SAEMAN**  
Deputy Director US Dpt.  
Agriculture Forest Products,  
Lab. Madison



# ESTRATÉGIAS E PRIORIDADES NO USO DA MADEIRA PARA MINIMIZAR A CRISE ENERGÉTICA

## Sumário Summary

Jerome F. Saeman

Constatação de que o Brasil possui a maior concentração, em quantidade de árvores, do globo e um grande potencial para seu cultivo em plantações artificiais, situação que garante, no presente e no futuro, uma participação importante da madeira no seu balanço energético.

Proposição de uma abordagem da política nacional de produção e consumo de energia, através de um sistema completo de materiais e de recursos, com apoio em análise multidimensional, que permita a aferição de vários componentes, relativos à matéria-prima empregada, aos fatores econômicos envolvidos e aos impactos causados no meio-ambiente.

Relato dos principais Certames realizados nos Estados Unidos sobre a matéria e do estágio atual dos conhecimentos nesse país, com vistas ao dimensionamento da pesquisa e práticas setoriais no Brasil.

Recomendação, no sentido de que a carbonização da madeira seja realizada de forma racional, através de equipamentos eficientes que permitam redução de custos de produção, já que esta é uma área decisiva para o incremento do orçamento energético brasileiro.

Análise da produção de carburantes a partir de resíduos de madeira, o etanol e o metanol, através dos dois processos clássicos mais usados ou seja, a hidrólise e a pirólise, tanto em termos técnicos como econômicos. Conclusão de que, para a realidade americana, e provavelmente para a brasileira, a produção de etanol por via úmida, atualmente, se torna inviável devido aos altos custos envolvidos, motivo pelo qual as iniciativas deveriam se restringir ao campo da experimentação.

No que se refere à produção de metanol a partir da madeira, as perspectivas analisadas são muito mais otimistas, preconizando assim uma concentração de estudos e esforços nos dois países considerados, E.U.A. e Brasil.

Recomendação de que os resíduos, nas indústrias madeireiras, sejam usados com maior intensidade para se alcançar sua autossuficiência energética e estabelecimento de uma política nacional, com vistas a se dar prioridade ao uso da madeira, principalmente na construção civil, no lugar de seus sucedâneos, que demandam grande quantidade de energia para seu processamento.

Strategies and Priorities in Using Wood to Alleviate Energy Shortages

Statement that Brazil has the highest concentration and quantity of standing timber of the world, and that it has great potential for growing wood in plantations, a situation that guarantees, in the present and in the future, an important participation of wood on its energy budget.

Proposition of studies directed to national policy on energy production and consumption, through a complete system of materials and resources, based on multidimensional analysis, which will permit the measurement of several components related to the raw material used, involved economics, and environmental impacts.

Report of the main contests realized in the United States about the subject and present knowledges in this country, in view of research measurement and local policies in Brazil.

Recommendation that wood burning be realized on a rational way, with the utilization of efficient equipment which permit production cost reduction, since this can make an effective contribution to Brazil's total energy budget.

Analysis of the production of carburentants from wood residues, ethanol and methanol, by the two classic processes more often used, that is, hydrolysis and pyrolysis, in technical and economic terms. Conclusion that to the American reality, and probably to the Brazilian reality too, ethanol production by moist way is presently impracticable due to high costs involved, and for that reason the initiatives should be restringed to the experimental field.

Referring to methanol production from wood, the perspectives studied are much more optimistic, foreseeing a concentration of studies and efforts by the two quoted countries, United States and Brazil.

Recommendation that residues in wood industry be used more intensively to achieve its energy self-sufficiency and the establishment of a national policy giving priority to wood utilization, especially in civil construction, instead of its substitutes that demand a great deal of energy for its processing.

O Prof. Jerome F. Saeman é Diretor do "Forest Products Laboratory" do Serviço Florestal do Governo dos Estados Unidos, responsável pelas pesquisas para o aproveitamento integral da madeira. É membro da International Academy of Wood Science, da "Forest Products Research Society", da TAPPI — "Technical Assistance Pulp & Paper Industry" —, da "American Chemical Society e da Society of American Foresters".

Conquistou o título de químico (B.S.) em 1937, e Ph.D em 1943, pela Universidade de Wisconsin. Trabalha há 36 anos no "Forest Products Laboratory", onde iniciou estudos de cinética de conversão da celulose, efetuando também trabalhos pioneiros sobre a utilização de resíduos de madeira para a obtenção de açúcares e a utilização destes em produtos fermentáveis.

Em 1946 e 1947 trabalhou como Químico Chefe numa fábrica de álcool a partir da madeira. Tem mais de 50 trabalhos publicados e patentes versando sobre a química da lignina, reações envolvendo carboidratos, utilizações diversas da madeira e dos seus carboidratos e diversas técnicas especiais de análise.



nicas especiais de análise.

Foi consultor do Governo Americano e participou de várias Comissões e Seminários sobre a utilização de recursos renováveis e implicações no meio ambiente. Atualmente preside comissão cujas atividades baseiam-se nos recentes estudos da Academia Nacional de Ciências dos EUA, sobre fontes de energia renováveis.



# ESTRATÉGIAS E PRIORIDADES NO USO DA MADEIRA PARA MINIMIZAR A CRISE ENERGÉTICA

Jerome F. Saeman

Os problemas energéticos no Brasil são urgentes, porém são somente o prognóstico daquilo que afinal deve ser encarado por muitos países. Por essa e por outras razões, este encontro é uma oportunidade muito útil de cooperação. Os países que contribuem para a solução dos problemas atuais em qualquer lugar, serão mais que recompensados com experiência acumulada, quando seus próprios problemas energéticos se agravarem.

As atividades do Brasil na área de energia a partir de biomassa estão resumidas em dois artigos de autoria de Hammond na revista Science ("Alcool: uma resposta brasileira à crise de energia" (1) e "Energia: o Brasil procura uma estratégia entre várias opções" (2)).

Através dessas fontes tomamos conhecimento de que o Brasil iniciou um arrojado programa, para substituir grande parte de seu óleo importado por álcool obtido de cana-de-açúcar e de outros produtos agrícolas. Uma meta bastante mencionada clama pela substituição de 20% da gasolina do Brasil até 1980. Os brasileiros acreditam que esse programa representará importante papel no futuro de seu país.

O Brasil é um importante produtor de açúcar. É experiente na produção de álcool, e no uso de álcool como combustível de motores. Inicialmente, os esforços se concentrarão na cana-de-açúcar como matéria-prima, porém espera-se que, eventualmente, a mandioca seja responsável pela maior parte da produção planejada de álcool. Além de combustível para motores, o etanol é um versátil intermediário na indústria química. Isto aumenta o interesse na iniciativa.

Ao considerar a importante contribuição da biomassa para a energia brasileira, deve-se lembrar que a madeira é a mais notável forma de biomassa na Terra. O Brasil possui a maior concentração e a maior quantidade de madeira em pé, e tem grande potencial para reflorestamento. Atualmente, o Brasil obtém 27% de sua energia da madeira, e poderia obter muito mais. A madeira consiste principalmente de polissacarídeos, que podem ser convertidos em açúcar, e daí em álcool. Alternativamente, a madeira pode ser convertida em gás de síntese, e daí em metanol, outro combustível para motores bastante satisfatório. As perspectivas técnicas e econômicas desses planos devem ser examinadas e comparadas com outras alternativas.

Apesar dos Estados Unidos apresentarem maior consumo de energia e maiores reservas naturais de combustível fóssil que o Brasil, enfrentam o mesmo problema de uma dependência cada vez maior de petróleo importado. Por essa razão, têm sido feitas muitas pesquisas quanto a planos alternativos para melhoria das perspectivas energéticas em geral, e em particular do panorama dos combustíveis para motores.

Naturalmente é muito difícil para um visitante em seu país avaliar com precisão as necessidades de suas situações específicas, e a produtividade de suas reservas florestais. Eu, entretanto, começarei com a suposição de que as similaridades entre nossas situações são mais importantes que as diferenças. Farei um resumo daquilo que parece ser válido para os Estados Unidos. Juntos talvez possamos chegar a conclusões adequadas às circunstâncias especiais nas quais se encontra o Brasil. Durante todo o tempo, devemos nos lembrar de que existem diferenças de opinião sobre as prioridades e estratégias dentro dos Estados Unidos.

Ao preparar esta palestra, fiquei impressionado com a quantidade de material que deveria ser estudado, e com as limitações impostas pelas diferenças de linguagem, e pelo tempo. Se eu fôsse um de vocês na audiência, estaria mais interessado em fontes de informação fundamentais. Para satisfazer aqueles que demonstram um interesse mais especializado, deixarei vários documentos que, de outra forma, poderiam ser de difícil localização ou obtenção (ver apêndices).

Iniciarei com a suposição de que seu interesse principal é em combustível para motores, e de que este se estende para outros co-produtos e sub-produtos químicos orgânicos.

Qualquer utilização da madeira como fonte de produtos químicos forçosamente leva à consideração da combustão direta da madeira como combustível, já que no final das contas o valor da madeira, ou de seus resíduos, como combustível, determina seu valor mínimo para usos mais intrincados. Nos Estados Unidos pelo menos, a mais óbvia utilização de resíduos, de madeira de baixa qualidade ou de madeira que por outro motivo não foi usada, é como combustível na indústria de processamento de madeira; e a auto-suficiência energética tem se transformado em um obje-

tivo de muitas usinas de processamento de madeira.

Devido ao fato citado acima, o Serviço Florestal dos Estados Unidos, com participação da Fundação Nacional para a Ciência, contratou a Aerospace Corporation para um estudo de conversão direta de energia (3), e Raphael Katzen Associates para um estudo da conversão química (4). O estudo de conversão direta de energia apresenta levantamentos das fontes de resíduos, necessidades industriais e dos sistemas existentes. O relatório Katzen sobre produtos químicos obtidos da madeira inclui informações sobre custos de engenharia para açúcar, etanol, metanol, formaldeído, furfural e fenol — com custos dos produtos em função do custo da madeira e do tamanho da fábrica.

Devido ao grande interesse em combustíveis limpos obtidos de biomassa e de resíduos, o Instituto de Tecnologia de Gases dos E.U.A. organizou seu segundo simpósio sobre o assunto em Orlando, Flórida, em janeiro de 1977. Um documento apresentado naquela oportunidade resumia o conteúdo dos relatórios Aerospace e Katzen e de outros documentos relacionados (5). Uma cópia do documento de Orlando foi incluída neste relatório, como apêndice.

Quando se tem como finalidade reduzir a dependência dos combustíveis fósseis, deve-se lembrar que a energia é somente uma faceta de um sistema de fontes de materiais. A energia é necessária na extração, no processamento, e no uso dos materiais; e todas essas atividades afetam o meio. A parte econômica é a força motivadora desse sistema. Foi elaborado um folheto explicativo deste princípio simples, mas essencial.

Antigamente, grande parte das matérias-primas industriais e comerciais provinha da floresta. Os produtos florestais são notadamente de baixa energia intensiva, e os resíduos fornecem combustível para seu processamento. Recentemente, nós aumentamos nossa dependência relativa dos produtos minerais e metálicos de energia intensiva, e toda a nossa economia se transformou excessivamente em energia intensiva. Se isso está correto ou não, parece ser um assunto político.

A energia solar, através do processo fotossintético, produz combustíveis e materiais que contribuem direta e indiretamente para a solução deste problema. As florestas são responsáveis por cerca de 42% da atividade

fotossintética da Terra — sete vezes mais que a das terras cultivadas. Esses fatos exigem que o Brasil se dedique a estudos para determinar de que maneira as florestas e a madeira podem ser convenientes dentro do sistema de recursos. Vários estudos governamentais nos Estados Unidos se dedicaram a esse objetivo. Apesar deles não serem diretamente úteis para o Brasil atualmente, poderão servir como padrão para suas pesquisas. São trabalhos regionais da Comissão Nacional de Estudo de Materiais, do Painel Consultivo sobre Madeira e o Ambiente, da Presidência da República e do Comitê de Recursos Renováveis para Materiais Industriais da Academia Nacional de Ciências. Inclui também neste rol a edição de fevereiro de 1976 da revista Science, que foi totalmente dedicada a materiais e a assuntos de combustível e energia relacionados com eles. A Sociedade de Silvicultores contratou uma Unidade Especial para reunir dados sobre energia e recursos florestais.

Nos Estados Unidos, foram adotados importantes programas para proteção ambiental, surgindo daí a criação da Agência de Proteção Ambiental. Acabamos de criar um Departamento de Energia de plano governamental. Um terceiro interesse que está surgindo é em sistemas de materiais preparado pelo Serviço Congressional de Pesquisas para o Comitê de Ciências e Tecnologia da Câmara de Deputados dos Estados Unidos.

Eu insisto firmemente para que seus silvicultores reconheçam a importância total das florestas, e para que vocês procurem estabelecer programas de ação que ajudem a madeira a alcançar todo o seu potencial, contribuindo para o rápido crescimento de sua economia.

#### **Madeira como fonte de combustível**

Nos Estados Unidos, a queima de madeira como combustível atingiu seu apogeu há cerca de um século, quando produziu 3 dos 4 quads (10<sup>15</sup> Btu's) consumidos pela nação. Hoje, o consumo de energia subiu para 75 quads, e a contribuição da madeira, inclusive a de fornos de recuperação química das usinas de papel, baixou para 1,1 quads. O Brasil, se entendi bem, apresenta um consumo de energia de aproximadamente 3 quads. O combustível adquirido pela indústria de papel dos Estados Unidos é cerca de 1,5 quads, e seu consumo total aproximadamente 2,6 quads.

Em 1975, a auto-suficiência energética da indústria de papel chegou a 44%, e espera-se mais aumentos. Um grau maior de auto-suficiência energética pode ser alcançado mais prontamente no restante da indústria papelreira.

Em 1975, a Sociedade de Pesquisas de Produtos Florestais patrocinou um encontro em Denver, Colorado, sobre madeira como fonte de energia. Um segundo encontro foi realizado em Atlanta em 1976. Ambos foram entusiasticamente recebidos com grandes audiências (cerca de 600 pessoas cada um, principalmente industriais). Uma terceira reunião será organizada em 1978. As atas dessas reuniões poderão ser muito úteis ao auxílio dos trabalhos que aqui estão sendo desenvolvidos.

O uso de um equipamento de queima eficaz e de técnicas apropriadas pode trazer uma contribuição para o orçamento energético do Brasil. Por essa razão, eu insisto para que vocês estudem estas e outras fontes sobre equipamentos de combustão de madei-

ra e combustível de madeira. Qualquer proposta para uma utilização mais complexa da madeira deve ser comparada com seu uso em simples sistemas de combustão, como fonte de energia. O valor da madeira como combustível estabelece seu preço mínimo para outros fins.

#### **Produtos Químicos Orgânicos Obtidos de Resíduos de Madeira**

O relatório de Orlando (5) encerra uma tabela esquemática do fluxo dos projetos mais freqüentemente mencionados para a preparação de produtos químicos a partir da madeira, juntamente com um sumário do custo dos produtos.

#### **Açúcar**

As análises efetuadas por Raphael Katzen Associates resumidas no documento acima citado, demonstraram que o açúcar de madeira, sob a forma de um concentrado bruto, iria custar 10 centavos de dólar por libra, mesmo com a economia de escala que surge com o processamento de 6.000 toneladas de madeira por dia. O açúcar sob a forma de melaço custa cerca da metade, e é um produto mais proveitoso.

#### **Furfural**

Mesmo nas grandes usinas, a produção de furfural como produto único não foi considerado interessante nos Estados Unidos.

#### **Etanol**

O preço do etanol, como no caso de outros produtos, foi determinado por vários materiais adotados, custos da madeira e dimensões da fábrica. É interessante notar que uma certa produção de álcool a partir da madeira exige o investimento de um capital três vezes maior que o necessário para o álcool de cereais. Provavelmente o capital necessário para a produção de álcool de mandioca seria similar àquele usado para a produção de álcool de cereais, e a produção de álcool de cana exigiria um capital menor que qualquer um dos dois.

#### **Etanol com co-produção de furfural e fenol**

O relatório Katzen demonstrou que a produção de álcool, furfural e fenol a partir de madeira dura foi mais vantajosa que a produção de etanol como um produto único, mas no melhor dos casos os lucros foram mínimos. Infelizmente, neste caso, as suposições se basearam em um mínimo de dados técnicos para a produção de fenol. O capital necessário é de 87 milhões de dólares para uma fábrica que produz 25 milhões de galões de álcool por ano. Este se confronta com o capital de 25 milhões de dólares para a mesma capacidade de produção a partir de cereais.

#### **Metanol**

É interessante comparar a produção de metanol de madeira, com sua produção a partir de gás natural e carvão. O investimento para uma usina de metanol de gás é relativamente pequeno, e o rendimento da conversão é grande. Os custos para a produção de metanol de carvão e de madeira são similares, mas a usina de utilização de madeira apresentava dimensões máximas, enquanto

que a de carvão estava abaixo do tamanho máximo. O rendimento da usina de madeira é baixo.

Comparando essa fábrica, entretanto, com uma usina de produção de etanol de madeira, verificamos que a usina de metanol de madeira apresenta um capital de 64 milhões de dólares e uma produção de 50 milhões de galões por ano, e que o produto tem um preço para venda de 98 cents por galão. A usina de produção de etanol de madeira apresenta um custo mais elevado, 70 milhões de dólares, metade da produção, e o preço de venda do produto é o dobro.

A próxima geração de fábricas de produtos químicos orgânicos nos Estados Unidos provavelmente utilizará gás de síntese de carvão. A produção de gás de síntese a partir da madeira merece maior estudo no Brasil e nos Estados Unidos.

Em Seattle foram elaborados estudos sobre a produção de gás de síntese a partir do lixo, e sua conversão em metanol e amônia (9). O Instituto de Pesquisas de Papel e Celulose do Canadá, também pesquisou a produção de produtos químicos, inclusive metanol, a partir da madeira (10). São documentos importantes (11).

#### **Generalizações referentes à produção de produtos químicos a partir da madeira**

O custo dos resíduos de madeira como uma fonte de produtos químicos é determinado por seu valor como combustível, o que nos Estados Unidos é de aproximadamente 24 dólares por tonelada (seco ao forno). A madeira própria para a fabricação de papel é vendida a preços variáveis, porém geralmente mais elevados. Raphael Katzen Associates estabelece o preço de 34 dólares por tonelada de madeira para processamento químico em compromissos a longo prazo. Apesar do relatório Katzen ter incluído estudos de processos que exigiam de 760 a 6.000 toneladas de madeira ou resíduos (base seca) por dia, foi calculado um limite prático mais alto, de 2.000 toneladas por dia, baseado em logística, disponibilidade, e economia.

No documento de Orlando (5) há um sumário de dados dos preços de venda de produtos químicos, assumindo que a madeira tenha um preço de entrega de 34 dólares por tonelada, e que sua disponibilidade esteja limitada a 1500 toneladas por dia (base seca). Uma comparação feita entre o preço de venda e o preço do mercado, demonstra que as perspectivas para a produção de produtos químicos selecionados, a partir da madeira, nos Estados Unidos, não estão bem claras. Isto é compatível com as conclusões alcançadas por Herrick e Hergert da ITT Rayonier, em seu excelente retrospecto "Utilização de Produtos Químicos Obtidos da Madeira: Retrospecto e Prospecto" (12).

Na União Soviética, o álcool tem sido produzido de açúcar de madeira, há algumas décadas, em 20 ou mais fábricas. Em um livro publicado em 1974, o Professor Nikitin afirma que o custo é mais que o triplo que o do etanol sintético (13).

Existem, naturalmente, muitos produtos químicos orgânicos comerciais obtidos de árvores. Salientam-se entre eles o breu e a terebentina obtidos da resina do pinheiro; breu, terebentina e ácidos graxos obtidos como sub-produtos da maceração; e lignina e produtos químicos derivados da lignina, tais como vanilina e sulfeto de etano. Levedura e álcool são obtidos pela fermentação do açúcar em solução de sulfito gasta. Podemos

fotossintética da Terra — sete vezes mais que a das terras cultivadas. Esses fatos exigem que o Brasil se dedique a estudos para determinar de que maneira as florestas e a madeira podem ser convenientes dentro do sistema de recursos. Vários estudos governamentais nos Estados Unidos se dedicaram a esse objetivo. Apesar deles não serem diretamente úteis para o Brasil atualmente, poderão servir como padrão para suas pesquisas. São trabalhos regionais da Comissão Nacional de Estudo de Materiais, do Painel Consultivo sobre Madeira e o Ambiente, da Presidência da República e do Comitê de Recursos renováveis para Materiais Industriais da Academia Nacional de Ciências. Inclui também neste rol a edição de fevereiro de 1976 da revista Science, que foi totalmente dedicada a materiais e a assuntos de combustível e energia relacionados com eles. A Sociedade de Silvicultores contratou uma Unidade Especial para reunir dados sobre energia e recursos florestais.

Nos Estados Unidos, foram adotados importantes programas para proteção ambiental, surgindo daí a criação da Agência de Proteção Ambiental. Acabamos de criar um Departamento de Energia de plano governamental. Um terceiro interesse que está surgindo é em sistemas de materiais preparado pelo Serviço Congressional de Pesquisas para o Comitê de Ciências e Tecnologia da Câmara de Deputados dos Estados Unidos.

Eu insisto firmemente para que seus silvicultores reconheçam a importância total das florestas, e para que vocês procurem estabelecer programas de ação que ajudem a madeira a alcançar todo o seu potencial, contribuindo para o rápido crescimento de sua economia.

#### **Madeira como fonte de combustível**

Nos Estados Unidos, a queima de madeira como combustível atingiu seu apogeu há cerca de um século, quando produziu 3 dos 4 quads (10<sup>15</sup> Btu's) consumidos pela nação. Hoje, o consumo de energia subiu para 75 quads, e a contribuição da madeira, inclusive a de fornos de recuperação química das usinas de papel, baixou para 1,1 quads. O Brasil, se entendi bem, apresenta um consumo de energia de aproximadamente 3 quads. O combustível adquirido pela indústria de papel dos Estados Unidos é cerca de 1,5 quads, e seu consumo total aproximadamente 2,6 quads.

Em 1975, a auto-suficiência energética da indústria de papel chegou a 44%, e espera-se mais aumentos. Um grau maior de auto-suficiência energética pode ser alcançado mais prontamente no restante da indústria papelera.

Em 1975, a Sociedade de Pesquisas de Produtos Florestais patrocinou um encontro em Denver, Colorado, sobre madeira como fonte de energia. Um segundo encontro foi realizado em Atlanta em 1976. Ambos foram entusiasticamente recebidos com grandes audiências (cerca de 600 pessoas cada um, principalmente industriais). Uma terceira reunião será organizada em 1978. As atas dessas reuniões poderão ser muito úteis ao auxílio dos trabalhos que aqui estão sendo desenvolvidos.

O uso de um equipamento de queima eficaz e de técnicas apropriadas pode trazer uma contribuição para o orçamento energético do Brasil. Por essa razão, eu insisto para que vocês estudem estas e outras fontes sobre equipamentos de combustão de madei-

ra e combustível de madeira. Qualquer proposta para uma utilização mais complexa da madeira deve ser comparada com seu uso em simples sistemas de combustão, como fonte de energia. O valor da madeira como combustível estabelece seu preço mínimo para outros fins.

#### **Produtos Químicos Orgânicos Obtidos de Resíduos de Madeira**

O relatório de Orlando (5) encerra uma tabela esquemática do fluxo dos projetos mais freqüentemente mencionados para a preparação de produtos químicos a partir da madeira, juntamente com um sumário do custo dos produtos.

#### **Açúcar**

As análises efetuadas por Raphael Katzen Associates resumidas no documento acima citado, demonstraram que o açúcar de madeira, sob a forma de um concentrado bruto, iria custar 10 centavos de dólar por libra, mesmo com a economia de escala que surge com o processamento de 6.000 toneladas de madeira por dia. O açúcar sob a forma de melaço custa cerca da metade, e é um produto mais proveitoso.

#### **Furfural**

Mesmo nas grandes usinas, a produção de furfural como produto único não foi considerado interessante nos Estados Unidos.

#### **Etanol**

O preço do etanol, como no caso de outros produtos, foi determinado por vários materiais adotados, custos da madeira e dimensões da fábrica. É interessante notar que uma certa produção de álcool a partir da madeira exige o investimento de um capital três vezes maior que o necessário para o álcool de cereais. Provavelmente o capital necessário para a produção de álcool de mandioca seria similar àquele usado para a produção de álcool de cereais, e a produção de álcool de cana exigiria um capital menor que qualquer um dos dois.

#### **Etanol com co-produção de furfural e fenol**

O relatório Katzen demonstrou que a produção de álcool, furfural e fenol a partir de madeira dura foi mais vantajosa que a produção de etanol como um produto único, mas no melhor dos casos os lucros foram mínimos. Infelizmente, neste caso, as suposições se basearam em um mínimo de dados técnicos para a produção de fenol. O capital necessário é de 87 milhões de dólares para uma fábrica que produz 25 milhões de galões de álcool por ano. Este se confronta com o capital de 25 milhões de dólares para a mesma capacidade de produção a partir de cereais.

#### **Metanol**

É interessante comparar a produção de metanol de madeira, com sua produção a partir de gás natural e carvão. O investimento para uma usina de metanol de gás é relativamente pequeno, e o rendimento da conversão é grande. Os custos para a produção de metanol de carvão e de madeira são similares, mas a usina de utilização de madeira apresentava dimensões máximas, enquanto

que a de carvão estava abaixo do tamanho máximo. O rendimento da usina de madeira é baixo.

Comparando essa fábrica, entretanto, com uma usina de produção de etanol de madeira, verificamos que a usina de metanol de madeira apresenta um capital de 64 milhões de dólares e uma produção de 50 milhões de galões por ano, e que o produto tem um preço para venda de 98 cents por galão. A usina de produção de etanol de madeira apresenta um custo mais elevado, 70 milhões de dólares, metade da produção, e o preço de venda do produto é o dobro.

A próxima geração de fábricas de produtos químicos orgânicos nos Estados Unidos provavelmente utilizará gás de síntese de carvão. A produção de gás de síntese a partir da madeira merece maior estudo no Brasil e nos Estados Unidos.

Em Seattle foram elaborados estudos sobre a produção de gás de síntese a partir do lixo, e sua conversão em metanol e amônia (9). O Instituto de Pesquisas de Papel e Celulose do Canadá, também pesquisou a produção de produtos químicos, inclusive metanol, a partir da madeira (10). São documentos importantes (11).

#### **Generalizações referentes à produção de produtos químicos a partir da madeira**

O custo dos resíduos de madeira como uma fonte de produtos químicos é determinado por seu valor como combustível, o que nos Estados Unidos é de aproximadamente 24 dólares por tonelada (seco ao forno). A madeira própria para a fabricação de papel é vendida a preços variáveis, porém geralmente mais elevados. Raphael Katzen Associates estabelece o preço de 34 dólares por tonelada de madeira para processamento químico em compromissos a longo prazo. Apesar do relatório Katzen ter incluído estudos de processos que exigiam de 760 a 6.000 toneladas de madeira ou resíduos (base seca) por dia, foi calculado um limite prático mais alto, de 2.000 toneladas por dia, baseado em logística, disponibilidade, e economia.

No documento de Orlando (5) há um sumário de dados dos preços de venda de produtos químicos, assumindo que a madeira tenha um preço de entrega de 34 dólares por tonelada, e que sua disponibilidade esteja limitada a 1500 toneladas por dia (base seca). Uma comparação feita entre o preço de venda e o preço do mercado, demonstra que as perspectivas para a produção de produtos químicos selecionados, a partir da madeira, nos Estados Unidos, não estão bem claras. Isto é compatível com as conclusões alcançadas por Herrick e Hergert da ITT Rayonier, em seu excelente retrospecto "Utilização de Produtos Químicos Obtidos da Madeira: Retrospecto e Prospecto" (12).

Na União Soviética, o álcool tem sido produzido de açúcar de madeira, há algumas décadas, em 20 ou mais fábricas. Em um livro publicado em 1974, o Professor Nikitin afirma que o custo é mais que o triplo que o do etanol sintético (13).

Existem, naturalmente, muitos produtos químicos orgânicos comerciais obtidos de árvores. Salientam-se entre eles o breu e a terebentina obtidos da resina do pinheiro; breu, terebentina e ácidos graxos obtidos como sub-produtos da maceração; e lignina e produtos químicos derivados da lignina, tais como vanilina e sulfeto de etano. Levedura e álcool são obtidos pela fermentação do açúcar em solução de sulfito gasta. Podemos



esperar pelo aumento da lista de materiais obtidos como sub-produtos. Entretanto, as perspectivas são muito poucas de que um grande volume de produtos químicos derivados da madeira, baseados na tecnologia existente, se torne significativo em termos de orçamento nacional de energia e de materiais dos Estados Unidos.

#### Prioridades para o Brasil no uso de Biomassa de madeira

Em face das circunstâncias, parece que se deve dar prioridade à produção de combustível para motores a partir da cana-de-açúcar e da mandioca, em vez da madeira. Este é, porém, um assunto a ser decidido pelos seus economistas. O relatório Katzen poderá auxiliar bastante na tomada dessas decisões. Enquanto isso, novos conceitos para a produção de energia a partir da madeira, merecem estudo por parte dos Estados Unidos e do Brasil.

Apesar da madeira, com a tecnologia atual, não se apresentar como uma fonte interessante para combustíveis líquidos, pode trazer contribuições grandes, rápidas e econômicas para o orçamento da energia nacional. Como já foi mencionado anteriormente, para se alcançar essas metas é preciso que se estabeleçam estratégias e prioridades em termos de todo o sistema de recursos.

A energia se transformou no sangue vital das economias nacionais. As economias que são moderadas no uso de energia (a Suécia é um exemplo) apresentam uma grande proporção entre produto nacional bruto e energia consumida. As economias que são menos competentes na utilização de energia (os Estados Unidos são um exemplo) mostram uma proporção menor. É um grande desafio para as pessoas de todo o mundo, diminuir a energia gasta para atingir um nível aceitável de produção.

Recentemente, a Unidade Especial para Energia e Recursos Florestais da Sociedade

de Silvicultores Americanos (7), concluiu que os produtos florestais são materiais de energia intensiva notavelmente baixa, e que uma maior dependência relativa de produtos florestais, ao invés de alternativas de energia intensiva, poderá ocasionar um efeito muito favorável no orçamento da energia nacional. Na realidade, este poderá ser um meio econômico para aliviar uma crise de energia.

Recentemente fui solicitado para testemunhar perante o Sub-Comitê de Ciências, Pesquisa e Tecnologia, do Comitê de Ciências e Tecnologia da Câmara dos Deputados dos Estados Unidos, sobre o papel da silvicultura no sistema nacional de recursos de materiais.

As notas que preparei para aquela ocasião parecem bastante apropriadas para a Sociedade Brasileira de Silvicultura, já que tratam da importante contribuição das florestas e da madeira ao orçamento nacional de energia e materiais, e ao seu rápido crescimento econômico. Uma cópia desse depoimento foi incluída no apêndice deste documento.

#### Literatura citada

1. Hammond, A. L., «Álcool: Uma Resposta Brasileira À Crise Energética». Science 195(4278): 564-566. 11 de fevereiro de 1977.
2. Hammond, A. L., «Energia: O Brasil Procura Uma Estratégia Entre Várias Opções». Science 195(4278): 566-567. 11 de fevereiro de 1977.
3. Aerospace Corporation, «Estudo de conversão direta de energia.» Preparado sob direção do Serviço Florestal dos Estados Unidos para a Fundação Nacional da Ciência. Contido no relatório «A Possibilidade Da Utilização De Resíduos Florestais Para Energia E Produtos Químicos», NTIS No. PB-258 630. Março de 1976.
4. Raphael Katzen Associates, «Produtos Químicos Obtidos De Resíduos De Madeira.» NTIS No. PB 262 489. 24 de dezembro de 1975.
5. Saeman, Jerome F., «Energia e materiais obtidos de biomassa florestal.» Métodos do Simpósio do Instituto de Tecnologia de gases, sobre Combustíveis Limpos Obtidos de Biomass e Resíduos, Orlando, Fla. 25-28 de janeiro de 1977.
6. Saeman, Jerome F., «O Sistema De Recursos.» Laboratório de Produtos Florestais, Madison, Wis. (sem data).
7. Saeman, Jerome F., et al., «Relatório da Unidade Especial sobre Recursos Energéticos e Florestais.» Jornal de Silvicultura 25(4): 294-296. Maio de 1977.
8. Serviço Congressional de Pesquisas, «Manual de Conduta de Materiais.» Preparado para o Comitê de Ciências e Tecnologia, Câmara de Deputados dos Estados Unidos. Obtido na Oficina Gráfica do Governo dos Estados Unidos, Washington, D. C. Junho de 1977.
9. Mathematical Sciences Northwest, Inc., «Estudo de Possibilidade: Conversão de Resíduo Sólido em Metanol ou Amônia.» Preparado para a cidade de Seattle, Seattle, Wash. 6 de setembro de 1974.
10. Instituto de Pesquisa de Celulose e Papel do Canadá, «Estudo de Possibilidade de Produção de Ração Química a Partir de Resíduos de Madeira.» Pointe Claire, Canadá. Março de 1975 (Revisado em maio de 1975).
11. Hokanson, A. E., and Rowell, R. M., «Metanol de Resíduos de Madeira — Um Estudo Técnico e Econômico.» Laboratório de Produtos Florestais, Madison, Wis. (sem data).
12. Herrick, F. W., and Hergert, H. L., «Utilização de Produtos Químicos Obtidos de Madeira: Retrospecto e Prospecto.» Contribuição nº 164 da Divisão Olímpica de Pesquisas, ITT Rayonier Inc., Shelton, Wash. (sem data).
13. Nikitin, V. M., «O Processamento Químico da Madeira e Suas Perspectivas.» Moscou, Rússia, 1974.
14. Saeman, Jerome F., «A Madeira Como Material de Engenharia — Um Assunto Para Educadores.» Processos da Sociedade Americana para a conferência Anual sobre Educação de Engenharia, Universidade de Tennessee, Knoxville, Tenn. 14-17 de junho de 1976.

## DEBATES

**HELLÁDIO DO AMARAL MELLO** — Temos aqui uma primeira questão do Sr. **Norberto Leder**, que pergunta qual é o rendimento de metanol, na madeira.

**JEROME F. SEAMAN** — Não sei se vou me lembrar, mas parece-me que o rendimento seria da ordem de 200 Kg por tonelada, 20%, em outras palavras. O etanol apresenta um rendimento superior e a recuperação da termo-eficiência do metanol, é da ordem de 38%, que é a cifra que mais nos interessa, em matéria de rendimento.

Entretanto, por favor, não se fiem completamente nesta afirmação; nós a temos de forma mais detalhada em um trabalho nosso.

**HELLÁDIO DO AMARAL MELLO** — O Sr. diz ter duas recomendações: uma é termos que aprender a fazer a queima com mais eficiência; outra é tornarmos mais eficaz o carvão vegetal; é a mesma coisa. Depois faz uma sugestão, ou seja, que a produção de

madeira depende, em grande parte, do local escolhido para a indústria.

**JEROME F. SEAMAN** — As fábricas ficando perto das fontes diminuem os gastos, inclusive com a remessa de metanol; é um dado bastante importante. Nós temos a possibilidade de produzir madeira com rendimento muito alto, nas florestas, 5 a 10 vezes superior, talvez, à taxa apresentada por outros países, de forma que nós deveríamos tentar manter essa vantagem, obtendo-se matéria barata, na fábrica. Nós temos as condições botânicas para fazê-lo.

De forma que, além dessas duas recomendações, eu acho que nós devemos nos concentrar em tornar a madeira mais barata em si.

Talvez valesse a pena ficar alguns minutos falando na intensidade de energia, a intensidade em termos de produção de produtos com a madeira de 1/4 de tonelada de carvão, que equivaleria a uma tonelada de

madeira.

**HELLÁDIO DO AMARAL MELLO** — Pergunta, do Sr. **Correia da Silva**: como vê o possível impacto da revolução genética, da engenharia genética em silvicultura?

**JEROME F. SEAMAN** — É claro que todos estão interessadíssimos no potencial, à luz do que foi realizado com uma série de outros produtos e culturas. Eu compartilho o entusiasmo dos outros, e não conheço muito mais coisas sobre este assunto.

**HELLÁDIO DO AMARAL MELLO** — Pergunta do Sr. **João Moura**, da Duratex: essa comparação dos preços de venda, ou melhor, qual era o preço da madeira?

**JEROME F. SEAMAN** — Esses últimos dados foram baseados na madeira a 35 dólares por tonelada, considerado como fornecimento a longo prazo em volume grande, em termos de preço.



# ENERGIAS E MATERIAS-PRIMAS OBTIDAS DA BIOMASSA FLORESTAL

Jerome F. Saeman

**Apresentado no Simpósio sobre Combustíveis Limpos Ob-  
tidos de Biomassa e Resíduos, no Instituto de Tecnologia  
de Gases, em Orlando, Flórida, em Janeiro de 1977.**

Quando se tem como finalidade reduzir a dependência dos combustíveis fósseis, deve-se lembrar que a energia é somente uma faceta de um sistema de recursos de materiais. A energia é necessária na extração, no processamento, e no uso dos materiais; e todas essas atividades afetam o meio. A parte econômica é a força motivadora deste sistema (Figura 1).

Antigamente, grande parte das matérias-primas industriais e comerciais provinha da floresta. Os produtos florestais são notadamente de baixa intensidade energética, e o combustível necessário para o seu processamento era fornecido pelos resíduos. Desde então, nós aumentamos nossa dependência de produtos de intensidade energética, e toda nossa economia tornou-se em excessiva intensidade energética. A energia solar fixada por processos fotossintéticos, pode contribuir direta e indiretamente para a solução deste problema. A tabela 1 (11) (ver tabelas no final do texto), estabelece um cálculo da produtividade fotossintética primária da terra, totalizando 155 bilhões de toneladas de matéria seca por ano. A combustão desse material poderia produzir uma quantidade bruta de energia equivalente a muitas vezes o consumo mundial atual. Sabe-se que 5,9 por cento da produtividade fotossintética da terra é originária de terras cultivadas, e que uma quantidade sete vezes maior, 41,6 por cento, vem das florestas. É evidente que a biomassa merece atenção como fonte de energia, e que as florestas, com exceção do oceano aberto, são a mais importante fonte de biomassa da Terra. O simples fato de que ela existe, entretanto, não a torna útil para combustíveis e produtos.

## **ADAPTAÇÃO DE FLORESTAS E DA MADEIRA NO SISTEMA DE RECURSOS**

Há uma quantidade cada vez maior de material literário sobre florestas e madeira, e seu relacionamento com o sistema de recursos. O recente relatório sobre a política da Comissão Nacional de Materiais (7) determinou o papel chave dos materiais em nossa economia. O relatório do Painel Consultivo sobre Madeira e o Ambiente, do Presidente (8), realçou a única possibilidade de renovação do recurso de madeira, e citou oportunidades para aprimorar a produtividade e o valor das florestas nacionais. O Comitê de Recursos Renováveis para Materiais Industriais (CORRIM) do Conselho Nacional de Pesquisas — Academia Nacional de Ciências (2) elaborou um detalhado relatório sobre recursos renováveis, e encorajou o estabelecimento de uma política de recursos renováveis. Em fevereiro de 1976, um artigo inteiro do jornal Science foi dedicado a materiais e a assuntos relacionados a combustíveis e energia (10). O relatório Panorama da Madeira (6) é o último de uma série contínua de relatórios elaborados pelo Serviço Florestal sobre recursos da madeira.

Em 1974, o Congresso aprovou o Ato de Planejamento dos Recursos Renováveis de Florestas e Campos, exigindo informações detalhadas sobre todos os recursos existentes nas florestas e campos nos Estados Unidos. A primeira dessas informações ficou pronta em 1975. Uma edição aprimorada e atualizada está planejada para 1980. O Serviço Florestal está atualmente reunindo informações para determinação de demandas e fornecimento de todas as principais mercadorias florestais, inclusive madeira para combustível e produtos químicos.

Devido às implicações de energia em sua profissão, a Sociedade dos Silvicultores Americanos criou uma Unidade Especial sobre Recursos Energéticos e Florestais, para estudar e informar sobre o assunto.

Recentemente, o Serviço Florestal dos Estados Unidos inaugurou um Programa Energético para a Indústria Florestal, com recursos fornecidos em parte pela Fundação Nacional da Ciência e pela Administração Federal de Energia. Este deu origem a um relatório: A Possibilidade de Utilização de Resíduos Florestais para Energia e Produtos Químicos (5). Os aspectos relativos a energia deste último foram elaborados sob contrato, pela Aerospace Corporation, e os aspectos químicos pela Raphael Katzen Associates. Um recente documento de autoria de Baker e Saeman discutiu o uso de resíduos para satisfazer as necessidades energéticas da indústria madeireira (1).

Todas as fontes acima citadas são relacionadas ao assunto deste documento e estão redigidas livremente. Os dados nem sempre são concordantes, porém as diferenças em grande parte são resultantes de diferentes conjecturas e interpretações. As conclusões dependem parcialmente de um julgamento pessoal. As opiniões citadas neste documento se baseiam na convicção de que "a sabedoria consiste nem tanto em saber o que fazer na última hora, como em saber o que fazer em seguida". Nosso problema energético é um problema imediato, e as providências econômicas que podem ser tomadas devem ser tomadas imediatamente. Isso, entretanto, não reduz a necessidade de se buscar soluções melhores a longo prazo.

## **A MADEIRA COMO FONTE DE COMBUSTIVEL**

Durante a maior parte de nossa história, a madeira foi usada mais como combustível que como matéria-prima. Mesmo hoje em dia, cerca de metade da madeira cortada no mundo inteiro, é para combustível. Nos Estados Unidos, a madeira para combustível atingiu seu apogeu há cerca de um século, quando produzia três dos quatro Q (quads ou  $10^{15}$  Btu's) consumidos pela Nação. Hoje, o consumo de energia subiu para 75 Q, e a contribuição da madeira, inclusive a de fornos de recuperação química das usinas de papel, baixou para 1,1 Q.

A madeira possui a vantagem de ser renovável. Ela possui baixo conteúdo de cinzas e um conteúdo desprezi-

vel de enxôfre, mas é volumosa e apresenta a grande desvantagem de um baixo calor de combustão. Enquanto o carvão betuminoso, o óleo combustível n.º 6, e o gás natural apresentam calores de combustão de 13.000, 18.000 e 18.500 Btu's por libra, a madeira seca de grande parte das espécies possui um calor de combustão de 8.600 Btu's por libra. Ao ser cortada, porém, a madeira verde apresenta um elevado conteúdo de umidade que se soma ao seu peso de embarque, e a vaporização da água no forno reduz o calor recuperável de um determinado peso de substância de madeira. Tudo isso contribui para a redução do valor da madeira como combustível. Como ilustração, 2 libras de pinho verde do sul contêm pesos iguais de madeira e água. O calor de combustão de 1 libra de substância de madeira presente, produz 8.600 Btu's. Disto deve-se subtrair a perda de calor associada ao conteúdo de água, 1.210 Btu's; a perda de calor associada à combustão de hidrogênio, 660 Btu's; e o calor perdido em outros gases de combustão. O calor utilizável líquido é de 6.040 Btu's. O máximo de calor utilizável obtido de 1 libra de combustível úmido é  $6.040/2$ , ou 3.020 Btu's, que representam aproximadamente 70 por cento da carga de 4.300 Btu's. Os custos de um sistema de carbonização de madeira podem ser de 3 a 4 vezes maiores que os de uma instalação para queima de gás, devido aos sistemas de estocagem do combustível, manuseio, e controle da qualidade do ar. Pelos motivos citados acima, a indústria madeireira nos últimos anos preferiu usar combustíveis fósseis de baixo custo, e desprezar seus resíduos.

#### UTILIZAÇÃO INDUSTRIAL DE RESÍDUOS COMO COMBUSTÍVEL

Aproximadamente um terço de cerca dos  $74 \times 10^{15}$  Btu's de energia consumidos nos Estados Unidos, é utilizado pela indústria. Cerca de 6 por cento da energia industrial, ou mais ou menos 2 por cento do total, foi usado pela indústria de produtos florestais.

Com os preços dos combustíveis subindo rapidamente, os resíduos de madeira se tornaram mais uma vez interessantes como fonte de energia. Suas características favorecem grandemente sua utilização próximo ao ponto de origem, preferivelmente pela própria indústria madeireira. As companhias que reconhecem o valor econômico da madeira como combustível, cortam maior quantidade de madeira de qualidade inferior. Isso aumenta a recuperação da madeira para produtos primários, aumenta a produção de sub-produtos, e aumenta a quantidade de resíduo adequado como combustível. A redução de resíduos na floresta apresenta nítidas vantagens ambientais, e diminui o custo de atividades florestais subseqüentes. A remoção excessiva dos resíduos florestais pode dar origem a perturbações ecológicas, mas esses assuntos estão sendo estudados e podem ser controlados.

A energia obtida para a fabricação de produtos florestais é apresentada na Tabela 2 (1). O papel e produtos afins são responsáveis por 84 por cento das necessidades de obtenção de energia da indústria de produtos florestais. Grande parte da energia usada por essas indústrias é sob a forma de vapor para aquecimento e secagem.

A produção e a quantidade de energia na indústria de produtos florestais para celulose e papel, madeira serrada, madeira compensada, e aglomerado estão descritos na Tabela 3 (1). Em 1972, a indústria de celulose e papel apresentou uma autosuficiência energética de 40 por cento, e uma necessidade de energia adquirida da ordem de 20 x

10<sup>6</sup> Btu's por tonelada de produto. Em 1975, a auto-suficiência energética chegou a 44 por cento.

A indústria de produtos florestais, com maior dependência de resíduos como combustível, poderá atingir o ideal de ser uma indústria dependente do Sol como matéria-prima e energia. Resíduo disponível, energia de combustíveis fósseis adquirida pela indústria de celulose e papel, e quantidades equivalentes de resíduo de madeira necessárias para alcançar o ideal de indústrias madeireiras com auto-suficiência energética, estão relacionados na Tabela 4 (1). Os valores indicados para resíduo de derrubada são cálculos grosseiros de material maior que 1 polegada de diâmetro que pode ser recolhido depois da remoção das toras (3).

O problema do aproveitamento dos resíduos que sobram da derrubada é assunto de novos estudos. Maior ainda é a necessidade de melhores informações sobre quantidade, localização e custo dos resíduos. A quantidade de resíduo que deve ser deixado no solo para manter a qualidade do mesmo e o habitat da vida selvagem, precisa ser determinada. O problema torna-se complicado porque as soluções deverão ser específicas para cada terreno.

Em 1975, a Sociedade de Pesquisas de Produtos Florestais patrocinou um encontro sobre resíduos de madeira como fonte de energia, em Denver, Colo.; e um outro em 1976, em Atlanta, Ga., (4). As atas das duas reuniões, descrevendo métodos industriais e histórico de exemplos podem ser obtidas na Sociedade.

A partir das informações apresentadas, e principalmente daquelas incluídas nos relatórios do simpósio de energia (4), torna-se evidente que há disponibilidade de equipamentos para transporte, estocagem, conversão, e queima de madeira como combustível em qualquer escala, todos de acordo com os regulamentos de controle ambiental. Para as novas instalações de indústrias florestais com disponibilidade de fornecimento de madeira combustível, a utilização de resíduos de madeira torna-se geralmente vantajosa. A transformação do equipamento de combustível fóssil para um de queima de madeira, para redução dos custos, e a ameaça dos distribuidores de combustível, é uma decisão mais difícil.

#### PRODUTOS QUÍMICOS ORGÂNICOS OBTIDOS DE RESÍDUOS DE MADEIRA

A queima de resíduos como fonte de energia apresenta um mérito reconhecido, e faz uso de uma tecnologia estabelecida. Qualquer proposição para uma utilização mais complexa, deve ser comparada com os processos de simples combustão. O valor da madeira como combustível estabelece seu preço mínimo para outros fins.

Há um interesse crescente na conversão de resíduos de madeira em produtos químicos, e o relatório da COR-RIM (2) inclui uma tabela esquemática do fluxo dos esquemas mais freqüentemente mencionados (Figura 2).

Segundo este processo de multi-produtos, a madeira é hidrolisada para formação de seus açúcares constituintes, que posteriormente são convertidos em um conjunto de produtos de fermentação ou desidratação. A lignina obtida como resíduo da hidrólise, pode ser convertida em fenol por hidrogenólise seguida de hidro-desalquilização. A Katzen Associates, como parte do Programa Energético das Indústrias Florestais, elaborou um estudo de engenharia e economia da produção separada de açúcar, etanol, furfural, e da produção combinada de etanol, fur-

fural, e fenol. Os preços de venda foram calculados para supostas dimensões da fábrica e preços da madeira. O relatório completo é bastante detalhado, mas para os presentes fins, será suficiente um resumo.

### **Açúcar**

Um cálculo preliminar dos custos do açúcar derivado da celulose por hidrólise enzimática demonstrou custos bem mais elevados que por hidrólise ácida.

O preço de venda do açúcar bruto produzido por hidrólise ácida diluída de resíduos de madeira, como demonstrado na Tabela 5, chega a 13,4 centavos de dólar por libra, em uma usina que utilize 1.480 toneladas de madeira por dia. Sob a forma de melaço, um produto de certa forma comparável, o açúcar foi vendido a 5-1/2 centavos de dólar por libra na época do estudo. A economia de escala que surge com o processamento de 6.000 toneladas de madeira por dia, não é o suficiente para tornar interessante esta operação de um único produto.

### **Etanol**

Foi efetuado um cálculo do preço de venda do etanol obtido de etileno, cereais, e madeira, com produções de 25 e 100 milhões de galões por ano (tabela 6). Verificou-se que o álcool obtido da madeira exigia um preço de venda duas vezes maior que o do álcool de etileno, e mais elevado que o do produto feito de cereais. Deve-se notar que seria difícil obter-se compromissos a longo prazo para 6.000 toneladas de madeira por dia. São também notáveis os elevados investimentos necessários para a fábrica baseada em madeira — \$70 milhões de dólares para a fábrica de 25 milhões de galões por ano, comparados a \$20 milhões para a fábrica utilizando etileno como matéria-prima, e a \$25 milhões para a de cereais. É evidente que o álcool não pode ser produzido a partir da madeira com lucros, em uma fábrica para um único produto, com auxílio da tecnologia existente.

### **Furfural**

O furfural é feito nos Estados Unidos a partir de resíduos agrícolas, e na época do estudo foi vendido a menos de 40 centavos de dólar por libra. Na Europa, uma pequena quantidade de furfural é obtida da madeira de bétula. Entretanto, observando-se a Tabela 7, pode-se verificar que uma indústria para o furfural como único produto não seria viável nos Estados Unidos.

### **Fábrica para multi-produtos**

Em seguida foi examinada a parte econômica de uma fábrica produzindo etanol, furfural, e fenol, a partir de madeira macia (Tabela 8). Os custos para a instalação de tal fábrica, produzindo 25 milhões de galões de álcool por ano, foram calculados em \$87 milhões de dólares. Com o álcool sendo vendido um pouco acima de \$1 dólar por galão, esta fábrica naturalmente seria desvantajosa. Pela duplicação das dimensões da fábrica, processando 3.000 toneladas de madeira por dia, e admitindo um preço mais baixo para a madeira, a instalação poderia aproximar-se de uma praticabilidade econômica.

A utilização de resíduos de madeira dura como matéria-prima é mais promissora (Tabela 9) devido à maior

produção de furfural. Neste caso, a fábrica seria lucrativa, ao processar madeira na proporção de 1.500 toneladas por dia, assumindo um preço baixo para a madeira, porém, esses lucros seriam mínimos. Ela poderia tornar-se interessante se processasse 3.000 toneladas de madeira por dia, mas uma instalação de tais dimensões aumentaria em dois terços a produção nacional de furfural. Deve-se citar também que a proposta produção de fenol como um terceiro sub-produto baseia-se em informações superficiais sobre a hidrogenólise de uma lignina kraft purificada. Não existem dados de experiências de hidrogenólise da lignina de hidrólise.

Apesar das fábricas propostas para multi-produtos apresentarem rentabilidade maior, elas não podem ser adaptadas a outros produtos, e os três produtos devem ser produzidos em uma proporção fixa, independentemente das condições de mercado.

### **Metanol**

Tem havido um enorme interesse na produção de gás de síntese a partir da madeira, e sua conversão em metanol. A Tabela 10 apresenta o preço de venda previsto para o metanol obtido em fábricas produzindo de 50 a 200 milhões de galões por ano, a partir de carvão, gás, e madeira. É notável a comparação entre a fábrica de processamento de madeira e a de processamento de gás natural pelo investimento elevado, pelo alto preço de venda do metanol, e pela baixa eficácia no uso de entrada de matéria-prima e energia. Os investimentos necessários para a fábrica de processamento de madeira e de carvão foram similares, mas o rendimento no uso de matéria-prima ou energia na fábrica de uso de madeira como matéria-prima foi somente 38 por cento, em confronto com 59 por cento na instalação de processamento de carvão como matéria-prima. Deve-se notar que o relatório Katzen assumiu o carvão como tendo 19 por cento de cinzas e um preço de \$38 dólares por tonelada. O projeto de Reed e Lerner (9) determina preços bem mais baixos para o metanol obtido de carvão em uma operação em larga escala — escala essa que seria impossível com a madeira como matéria-prima.

### **Produtos Químicos Obtidos da Madeira — Generalizações**

O custo mínimo dos resíduos de madeira como fonte de produtos químicos é estabelecido por seu valor como combustível, aproximadamente \$24 dólares por tonelada (base seca). A celulose tem sido vendida a preços variáveis, porém geralmente bem mais altos. A Katzen Associates estabeleceu o preço de \$34 dólares por tonelada de madeira para processamento químico em compromissos a longo prazo. Apesar do relatório Katzen ter incluído estudos de processos que exigiam de 760 a 6.000 toneladas de madeira ou resíduos (base seca) por dia, foi calculado um limite prático mais alto de 2.000 toneladas por dia, baseado em logística, disponibilidade, e economia.

A Tabela 11 sumariza dados dos preços de venda de produtos químicos, assumindo que a madeira tenha um preço de entrega de \$34 dólares por tonelada, e que sua disponibilidade esteja limitada a 1.500 toneladas por dia (base seca). Uma comparação feita entre o preço de venda e o preço do mercado, demonstra que as perspectivas para a produção de produtos químicos selecionados a partir da madeira, não estão bem claras.



Há uma enorme necessidade nacional de melhorar o fornecimento de energia e a situação dos preços. Nossas dificuldades são devidas, em grande parte, ao uso extravagante da energia. Outras nações — a Suíça e a Suécia me vêm à mente — apresentam um lucro per capita mais alto que o nosso, e uma proporção bem menor de consumo de energia e produto nacional bruto. Apesar desta "falha do sistema" não ser de nossa responsabilidade, pode ser uma grande preocupação nacional. A maior contribuição que podemos fazer para a diminuição do custo do fornecimento de energia, é fazer escolhas mais racionais na utilização de materiais e energia, e melhorar nossa capacidade termodinâmica no uso de energia.

Hayes, em sua contribuição ao artigo do Science sobre materiais, afirma (10): "A Sociedade precisa conhecer as necessidades energéticas de todos os materiais industriais para variados fins. As mais importantes são para a determinação (1) da intensividade energética de materiais específicos, (2) as exigências nacionais para indústrias de materiais específicos, e (3) diagramas de fluxo de energia em paralelo com diagramas de fluxo de processo. Esses fatores ajudam a guiar a seleção de materiais. Além disso, auxiliam aqueles que desejam conservar a energia nos sistemas atuais, e a diminuir as necessidades energéticas no desenvolvimento de novas tecnologias".

Há uma falta de estudos rigorosos sobre a intensidade energética comparativa de materiais. Os estudos feitos com materiais separados dificilmente são compatíveis e comparáveis. As informações que temos mostram que os produtos florestais apresentam grande vantagem sobre os alternativos em termos de consumo de energia por peso unitário, e de energia necessária para servir a um determinado propósito. Assim, Hayes (10) apresenta informações que demonstram que na média,  $100 \times 10^6$  Btu's são exigidos para processar uma tonelada de plástico, e um adicional de  $50 \times 10^6$  Btu's são necessários para produzir e processar o suprimento. No caso do papel, em comparação, 43 por cento das necessidades energéticas são supridas pelos resíduos. São precisos somente  $20 \times 10^6$  Btu's de energia adquirida por tonelada de papel, em média. Muitos produtos sólidos da madeira possuem auto-suficiência energética, ou poderiam facilmente tornar-se auto-suficientes. Jahn e Preston (10) documentam a baixa intensidade energética da madeira em comparação com outros materiais. Através de considerações sobre a intensidade energética relativa dos produtos florestais e suas alternativas, concluímos que uma tonelada de biomassa florestal colocada no sistema de materiais, faz uma contribuição indireta para nosso balanço energético, contribuição esta tão grande quanto a mesma quantidade de biomassa florestal usada como combustível. Com base nesse raciocínio, a capacidade produtiva da terra, e o capital e talento envolvidos, serão melhor utilizados para a produção de madeira como matéria-prima, em vez da produção de madeira como combustível ou para obtenção de produtos químicos. Existe entretanto um campo intermediário, no qual buscamos o ideal de indústrias madeireiras com auto-suficiência energética, nas quais a madeira de qualidade inferior e resíduos de florestas e fábricas, servem como combustíveis para processamento da madeira serrada.

As características da madeira que a tornam um combustível pobre, tendem também a reduzir sua utilidade

como fonte de combustíveis gasosos e líquidos limpos, ou como matéria-prima versátil para produtos químicos orgânicos em grande volume. Pode-se afirmar seguramente que para a próxima década pelo menos, a maneira mais eficaz de utilizar a madeira como fonte de combustíveis gasosos ou líquidos, será afastar os combustíveis fósseis dos fornos e, em vez deles, queimar madeira. Com raras exceções, os produtos químicos orgânicos podem ser produzidos mais eficientemente a partir do petróleo economizado com a queima da madeira, do que da própria madeira diretamente. Nos próximos dez ou vinte anos, nosso consumo de petróleo aumentará, e com isso pode-se esperar maior processamento de carvão para suprir nossas necessidades de produtos químicos e aromáticos.

O processo mais comumente discutido para a conversão de biomassa florestal em produtos químicos, inclui a hidrólise da celulose para formação de glucose, com ou sem separação anterior da fração de hemicelulose e lignina. Os estudos sobre a hidrólise da celulose em meio ácido diluído demonstram que ela segue exatamente o modelo de uma reação consecutiva de primeira ordem, na qual a quantidade de hidrólise é aproximadamente igual à quantidade de destruição do produto.

O rendimento da produção de açúcar obtível da hidrólise da celulose em meio ácido diluído, assim como a pureza do produto, são favoravelmente influenciados pelo aumento da proporção entre as quantidades de produção e de destruição de açúcar. O aumento da temperatura de reação aumenta essa proporção e causa os efeitos previstos. Outro caminho é sujeitar a celulose a altas radiações de energia. Isto também aumenta a proporção entre produção e destruição de açúcar, porém destrói parte da celulose durante o processo. Com qualquer dos dois métodos, as melhorias são menores que as necessárias para conseguir sucesso comercial.

Uma outra possibilidade é a utilização de um ácido forte para hidrolisar a celulose. Isto pode resultar em produções bastante quantitativas, porém nós não possuímos métodos para recuperação do ácido.

Estão sendo pesquisadas técnicas microbiológicas para remover a lignina da celulose seletivamente. Esse método poderá resultar em uma celulose parcialmente livre de lignina, que pode servir como forragem para ruminantes, ou que é mais acessível à hidrólise enzimática. Os estudos básicos feitos nesta área, deixam esperanças também quanto à produção ou modificação de celulose, e poderão auxiliar no desenvolvimento de melhores preservativos para a madeira.

A eficácia na conversão de biomassa em glucose constituiria um tremendo avanço na batalha contra deficiências energéticas e contra a fome mundial. O que é preciso são novos conceitos, e em sua grande maioria esses conceitos podem ser testados através de simples e baratas técnicas de laboratório. Esse trabalho merece o investimento de certa quantidade de dinheiro "paciente". O sucesso obtido iria superar as grandes conquistas científicas de nossa época.

## CONCLUSÃO

Uma maior dependência relativa nos produtos florestais ao invés dos alternativos de intensividade energética, é a maneira mais prática pela qual as florestas podem contribuir com o orçamento energético (e de materiais) nacional. A biomassa florestal não necessária como fonte de energia para as indústrias baseadas na madeira, será



aproveitada com maior vantagem como combustível, do que como fonte para a produção de produtos químicos, quando são utilizadas as técnicas disponíveis.

Alguma técnica nova que consiga de maneira não dispendiosa a hidrólise da celulose para formação de glicose, teria imenso significado na resolução dos problemas mundiais de alimentos e energia.

### LITERATURA CITADA

1. Baker, A. J. e Saeman, J. F., "Necessidades Energéticas da Indústria de Produtos Florestais — Importância e Tendências", Relatórios do 69.º Encontro Anual do Instituto Americano de Engenheiros Químicos, de 28 de novembro a 2 de dezembro de 1976.
2. Comitê de Recursos Renováveis para Materiais Industriais (CORRIM), "Recursos Renováveis para Materiais Industriais". (1976) Oficina de Impressão e Publicação, Academia Nacional de Ciências, Washington, D.C. 20418.
3. Ellis, T. J., "A Madeira Deve Ser uma Fonte de Energia Comercial?" Forest Prod. J. 25 (10), 13-16 outubro (1975).
4. Sociedade de Pesquisa de Produtos Florestais, Relatórios de encontros sobre resíduos de madeira como fonte de energia, Denver, Colo. (1975), Atlanta, Ga. (1976).
5. Serviço Florestal, USDA, "A Possibilidade de Utilização de Resíduos Florestais para Produção de Energia e Produtos Químicos" (1976). Um relatório para a Fundação Nacional de Ciências e Administração Energética Federal.
6. Serviço Florestal, USDA, "O Panorama da Madeira nos Estados Unidos", Relatório sobre Resíduos Florestais n.º 20, p. 367 (1973). Oficina Gráfica do Governo dos Estados Unidos, Washington, D.C.
7. Comissão Nacional sobre Política de Materiais, "Necessidades de Materiais e o Meio Ambiente — Hoje

e Amanhã" (1973). Oficina Gráfica do Governo dos Estados Unidos, Washington, D.C.

8. Painel Consultivo sobre Madeira e o Meio Ambiente, do Presidente (PAPTE), "Relatório do Painel Consultivo sobre Madeira e o Meio Ambiente, do Presidente (1973). Oficina Gráfica do Governo dos Estados Unidos, Washington, D.C.
9. Reed, T. B. e Lerner, R. M., "Metanol: Um Combustível Versátil Para Uso Imediato", Science 182 (4119), 1299-1304 (1973) 28 de dezembro.
10. Science 191 (4228): 631-776 (1976) 20 de fevereiro, "Materiais".
11. Centro de Washington para Estudos Metropolitanos, "Relatórios de uma Conferência sobre Captação do Sol Através de Bioconversão" ((1976) 10-12 de março. Centro de Washington para Estudos Metropolitanos, 1717 Massachusetts Ave., NW., Washington, D.C. 20036.

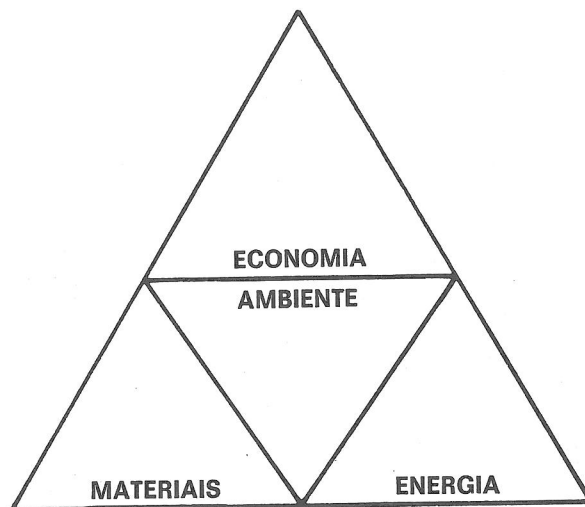


Figura 1 — O Sistema de Recursos.

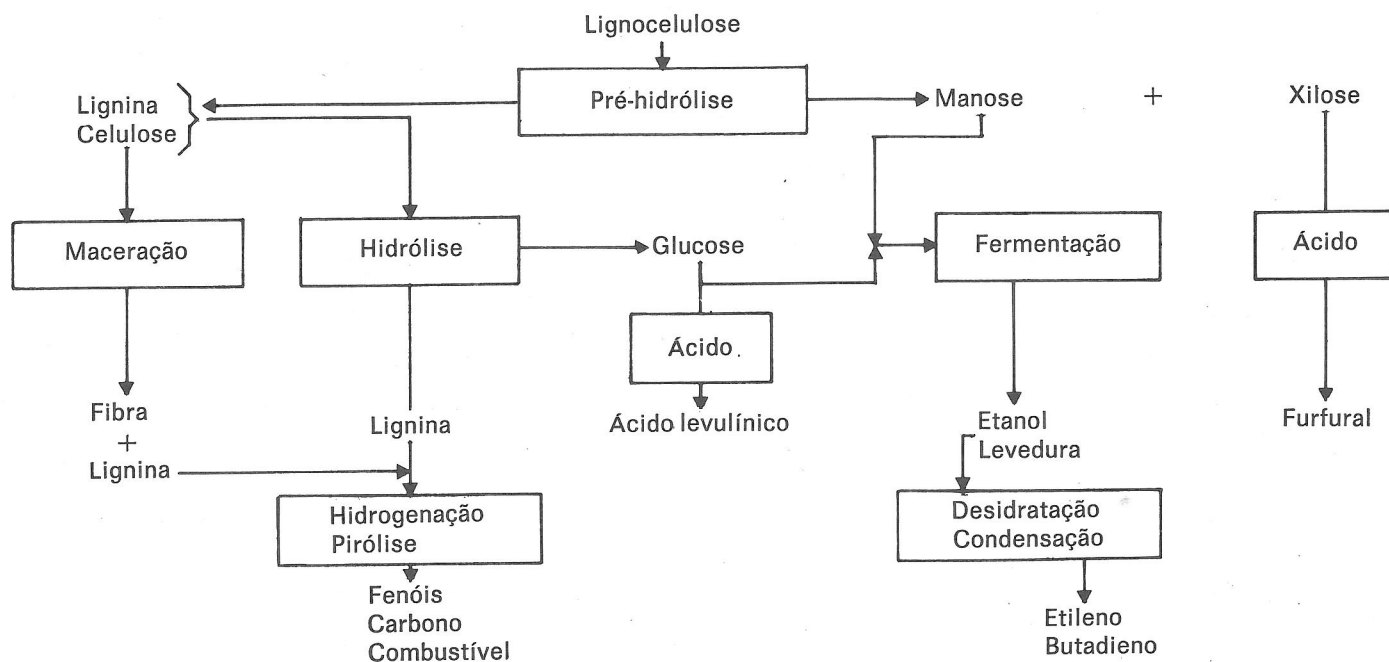


Figura 2 — Tabela esquemática do curso de um exemplo de indústria química liquocelulósica.

TABELA 1 — ÁREA DE SOLO E PRODUÇÃO FOTOSSINTÉTICA LÍQUIDA DE MATÉRIA SECA, POR ANO

Divisão geográfica	Área	Produtividade líquida
	(total = 510 x 10 <sup>6</sup> km <sup>2</sup> )	(total = 155,2 x 10 <sup>9</sup> ton. de mat. seca/ano)
	% do total	% do total
<b>Florestas</b>		
Chuva tropical	3,3	21,9
Verde nas chuvas	1,5	7,3
Verde no verão	1,4	4,5
Chaparral	,3	,7
Temperatura amena mista	1,0	3,2
Boreal (Nortista)	2,4	3,9
<b>Subtotal</b>	<b>9,8</b>	<b>41,6</b>
<b>Mata</b>	<b>1,4</b>	<b>2,7</b>
Arbustos e moitas		
Tundra	1,6	,7
Arbustos do deserto	3,5	,8
<b>Subtotal</b>	<b>5,1</b>	<b>1,5</b>
<b>Pasto</b>		
Tropical	2,9	6,8
Temperado	1,8	2,9
<b>Subtotal</b>	<b>4,7</b>	<b>9,7</b>
<b>Deserto (extremo)</b>		
Seco	1,7	0,0
Gelado	3,0	0,0
<b>Subtotal</b>	<b>4,7</b>	<b>0,0</b>
<b>Terra cultivada</b>		
Água doce	2,7	5,9
Brejo e pântano	,4	2,6
Lago e rio	,4	,6
<b>Subtotal</b>	<b>,8</b>	<b>3,2</b>
<b>Total de continentes</b>	<b>29,2</b>	<b>64,6</b>
<b>Recifes e estuários</b>	<b>,4</b>	<b>2,6</b>
Recifes continentais	5,1	6,0
Oceano aberto	65,1	26,7
Zonas de nascentes	,08	,1
<b>Total de oceanos</b>	<b>70,8</b>	<b>35,4</b>
<b>Grande total terrestre</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>

Porcentagens baseadas em dados apresentados por H. Lieth no Segundo Congresso Biológico Nacional, 1971.

TABELA 2 — ENERGIA ADQUIRIDA USADA PELA INDÚSTRIA DE PRODUTOS FLORESTAIS

Fonte	Energia	
	10 <sup>12</sup> Btu	%
Papel e produtos relacionados	1.300	84,0
Madeira	83	5,4
Madeira compensada	35	2,3
Aglomerado	22	1,4
Derrubada	46	3,0
Usinagem	10	0,6
Outros	51	3,3
<b>Total</b>	<b>1.547</b>	<b>100,0</b>

**TABELA 3 — PRODUÇÃO E USO DE ENERGIA NA FABRICAÇÃO DE CELULOSE E PAPEL, MADEIRA, COMPENSADO, E AGLOMERADO**

Produto	Produção anual	Consumo total de energia 10 <sup>12</sup> Btu's	Energia de resíduos 10 <sup>12</sup> Btu's	Energia adquirida 10 <sup>12</sup> Btu's	Energia adquirida por unidade de produção 10 <sup>6</sup> Btu's
Celulose e papel	65 x 10 <sup>6</sup> ton	2,154	854	1,300	20
Madeira	38 x 10 <sup>9</sup> bd ft	118	35	83	2
Compensado (base 3/8 in)	16 x 10 <sup>9</sup> ft <sup>2</sup>	70	35	35	2
Aglomerado 1/ (base 3/4 in)	4,9 x 10 <sup>9</sup> ft <sup>2</sup>	44	22	22	—
1/ papelão aglomerado de vários tipos					

**TABELA 4 — ENERGIA ADQUIRIDA E DE RESÍDUOS EM BTU'S E TONELADAS EQUIVALENTES DE RESÍDUO POR ÁREA GEOGRÁFICA**

Área geográfica	Resíduo de derrubada 10 <sup>6</sup> Tons	Resíduo primário total 10 <sup>6</sup> Tons	Resíduo primário não usado 10 <sup>6</sup> Tons	Energia adquirida pela indústria de celulose e papel 10 <sup>12</sup> Btu's	Equivalente de madeira da energia adquirida 10 <sup>6</sup> OD tons
Costa do Pacífico	30	32	4	182	16
Montanhas Rochosas	7	9	3	26	2
Sul	63	26	8	806	69
Norte	31	9	4	286	25

**TABELA 5 — PREÇO DE VENDA DO AÇÚCAR DE MADEIRA**

Produção do produto Tons/ano	Entrada de madeira Tons/dia	Preço de venda Cts/lb
180.000	1.480	13,4
710.000	6.000	9,6

Conjeturas: lucro anual de 30% sobre o investimento, 15% após as taxas federais; resíduo de madeira a \$34/tonelada; e processo de percolação com ácido diluído.

**TABELA 6 — PREÇO DE VENDA DO ETANOL PRODUZIDO A PARTIR DE MADEIRA, ETILENO, E CEREAIS**

Matéria-prima	Produção 10 <sup>6</sup> Gal/ano	Madeira usada Tons/dia	Investimento na fábrica US\$ Milhões	Preço de venda US\$/Gal
Etileno	25	—	20	0,91
Cereais	25	—	25	1,43
Madeira	25	1.480	70	1,90
Etileno	100	—	53	0,76
Cereais	100	—	66	1,23
Madeira	100	6.000	185	1,42

Conjeturas: lucro de 30% sobre o investimento, 15% após as taxas federais; etileno a 11 c/lb; cereais a \$3/Bu; resíduos de madeira a \$34/ton.

**TABELA 7 — PREÇO DE VENDA DO FURFURAL OBTIDO COMO ÚNICO PRODUTO DE UMA FÁBRICA**

Produção 10 <sup>6</sup> Lb/ano	Preço de venda Cents/lb
40	61,0
15	85,0

Conjunturas: lucro de 30% sobre o investimento, 15% após as taxas federais, matéria-prima é madeira de lei com conteúdo de pentosan de 20%; resíduos de madeira a \$34/tonelada.

**TABELA 8 — PREÇO DE VENDA DO ETANOL ORTIDO DE MADEIRA MACIA, COM CO-PRODUÇÃO DE ETANOL, FURFURAL E FENOL**

Produção 10 <sup>6</sup> Gal/ano	Madeira usada Tons/dia	Custo da madeira US\$/Ton	Preço de venda US\$/Gal
25	1.500	24	1,34
25	1.500	34	1,54
50	3.000	24	,96
50	3.000	34	1,17

Conjunturas: lucro de 30% sobre o investimento, 15% após as taxas federais; custo da fábrica de \$87 milhões de dólares para uma instalação produzindo 25 milhões de galões por ano; furfural e fenol devolvem 65% do preço de mercado à fábrica.

**TABELA 9 — PREÇO DE VENDA DO ETANOL COM CO-PRODUÇÃO DE ETANOL, FURFURAL, E FENOL A PARTIR DE MADEIRA DE LEI**

Produção 10 <sup>6</sup> Gal/ano	Madeira usada Tons/dia	Custo da madeira US\$/Ton	Preço de venda US\$/Gal
25	1.500	24	1,10
25	1.500	34	1,28
50	3.000	24	,68
50	3.000	34	,88

Conjunturas: lucro de 30% sobre o investimento, 15% após as taxas federais; preço da fábrica \$87 milhões de dólares, para uma instalação produzindo 25 milhões de galões por ano; furfural e fenol devolvem 65% do preço de mercado à fábrica.

**TABELA 10 — COMPARAÇÃO ENTRE GÁS, CARVÃO, E MADEIRA, COMO FONTES DE METANOL**

Matéria-prima	Produção 10 <sup>6</sup> Gal/ano	Rendimento da fábrica %	Investimento na fábrica \$milhões	Preço de venda c/Gal
Gás	50	61,3	23,1	46,0
Carvão	50	59,0	74,4	98,0
Madeira	50	38,0	64,0	98,0
Gás	200	61,3	61,0	35,0
Carvão	200	59,0	178,0	78,0
Madeira	200	38,0	169,0	83,0

Conjunturas: lucro de 30% sobre o investimento, 15% após as taxas federais; gás natural, 1.000 Btu/CF, \$1,75/MCF; carvão, 19% de cinza, 8.660 Btu/lb, \$38/ton; resíduos de madeira, Douglas-fir, 25% de casca, 9.000 Btu/lb, \$34/ton; rendimento da fábrica — valor calorífico do metanol como porcentagem de energia total usada na fábrica.

**TABELA 11 — ESTIMATIVAS DOS PREÇOS DE VENDA DE PRODUTOS QUÍMICOS OBTIDOS EM FÁBRICAS DE PRODUTO ÚNICO E DE MULTI-PRODUTOS**

Tipo de fábrica	Produção	Madeira usada por dia	Preço de venda 1/	Preço do mercado 1975
Produto único				
Metanol	50 x 10 <sup>6</sup> Gal/ano	2/ 1.500	\$0,98/gal	\$0,38/gal
Etanol	25 x 10 <sup>6</sup> Gal/ano	2/ 1.480	\$1,90/gal	\$1,04/gal
Furfural	40 x 10 <sup>6</sup> lb/ano	5/ 760	\$0,61/lb	\$0,37/lb
Multi-produto				
Etanol	25 x 10 <sup>6</sup> Gal/ano	4/ 1.500	\$1,54/gal 6/	\$1,04/gal
Etanol	25 x 10 <sup>6</sup> Gal/ano	5/ 1.500	\$1,28/gal 6/	\$1,04/gal

1/ Preço de venda baseado em uma depreciação de 8% sobre o investimento e num lucro de 15% (após as taxas federais).

2/ Madeira dura ou macia.

3/ Etanol — prova de 190°.

4/ Madeira macia.

5/ Madeira dura.

6/ O preço de venda assume um crédito para furfural e fenol a 65% do preço de venda do mercado.



Agradeço a oportunidade de descrever brevemente o papel da silvicultura e dos produtos florestais no sistema nacional de recursos de materiais. Estou aqui para oferecer meus conhecimentos técnicos e informativos, que espero sejam úteis ao Comitê. Não estou em condições, entretanto, de indicar assuntos políticos para a Administração.

Por intermédio de depoimentos anteriores, parece que os materiais só podem ser compreendidos no contexto de um sistema de recursos no qual haja forte interação entre fatores energéticos, ambientais, de materiais, e econômicos. É muito importante lembrar-se disso, ao se discutir as características especiais da madeira como material.

Na maioria das vezes, os estudiosos do sistema de recursos de materiais, se preocuparam com materiais não renováveis. Isto ocorreu até com a Comissão Nacional sobre Política de Materiais local. O valor econômico e o volume de materiais industriais renováveis geralmente passam despercebidos, e recebem considerações parciais.

Em parte como uma tentativa de corrigir esse desequilíbrio, o Conselho Nacional de Pesquisas da Academia Nacional de Ciências, com fundos fornecidos pela Fundação Nacional de Ciência, criou um Comitê sobre Recursos Renováveis para Materiais Industriais (Corrim). O relatório do Comitê é altamente recomendado como fonte de informações sobre todos os recursos renováveis incluídos dentro do sistema de recursos da Nação. Como a madeira responde pela maior parte de nossos materiais renováveis industriais, limitarei minha discussão aos produtos florestais, mas extensivamente ela se aplica aos produtos agrícolas não alimentícios.

Recentemente preparei um documento que chama a atenção dos professores de engenharia para a atual importância e futuro potencial da madeira como material. Uma cópia desse documento e de suas figuras acompanha esta declaração.

A Figura 1 mostra a alta notoriedade histórica da madeira comparada a outros materiais representativos.

A Figura 2, tirada do Relatório Final da Comissão Nacional sobre Política de Materiais, oferece uma comparação mais direta da quantidade de metais e recursos renováveis.

Nos últimos anos, o consumo de petróleo e minerais nos Estados Unidos aumentou modestamente, porém o consumo mundial aumentou em maior proporção, e a porção de suprimentos dos Estados Unidos vindos dos mercados mundiais aumentou notadamente (figuras 3 e 4).

Que aconteceu com o consumo de madeira neste período? Em termos absolutos, o consumo de madeira industrial aumentou. Em termos relativos, a madeira como uma fração de todos os materiais industriais, decresceu (figura 5).

Esta dependência reduzida dos produtos florestais coincidiu com o desenvolvimento de muitas alternativas de energia intensiva. Chegamos porém a um ponto, em que a atividade econômica será controlada pela disponibilidade de energia, e em que haverá uma crescente competição para os minerais.

A Corrim e outras fontes documentam o fato de que os Estados Unidos podem, com desempenhos apropriados,

produzir duas ou três vezes sua atual produção de madeira em perpetuidade. Além disso, a energia necessária para a produção de produtos estruturais de madeira representa uma pequena fração daquela usada com as alternativas.

Com práticas modificadas de silvicultura e derrubada, e com a dosagem correta de processamento nas fábricas, as indústrias madeireiras podem facilmente atingir a auto-suficiência energética, oferecendo assim grande abundância de produtos ao consumidor, com necessidades mínimas de combustíveis fósseis.

A energia necessária pela quantidade de material exigida para servir a um determinado fim, é geralmente bem menor para os produtos florestais que para os produtos alternativos.

A madeira serrada exige aproximadamente 1/4 tonelada de carvão equivalente por tonelada de produto produzido. Entretanto, as operações de serragem da madeira dão origem a resíduos equivalentes a mais que suas necessidades energéticas. Os produtos de aço, em estágio similar de fabricação, precisam de cerca de 2 toneladas de carvão equivalente por tonelada de produto. O alumínio necessita de mais de 10 toneladas de carvão equivalente por tonelada de produto. O papel exige a aquisição de menos de uma tonelada de carvão equivalente por tonelada de produto. Os plásticos (alternativos da madeira e do papel) requerem aproximadamente seis vezes essa quantidade.

Nosso moderno sistema industrial é afortunado por possuir grande quantidade de materiais versáteis. Atualmente os produtos florestais respondem por quantidade maior de materiais industriais, que todos os metais reunidos. Os novos materiais compostos de madeira prometem propriedades ainda melhores, por libra e por dólar.

A madeira é renovável, cresce ao ser cortada no toco, causa pequenos impactos ambientais, e precisa de pouca energia por unidade de produto produzido. Todas essas vantagens ganharam nova importância nos últimos anos. A madeira atualmente tem grande importância econômica. Para um futuro incerto, uma saudável economia baseada na floresta pode funcionar como um pára-choques no sistema de recursos de materiais, para nos proteger contra choques e surpresas.

Isso completa o meu depoimento. Ficarei feliz em responder qualquer pergunta que possam me fazer.

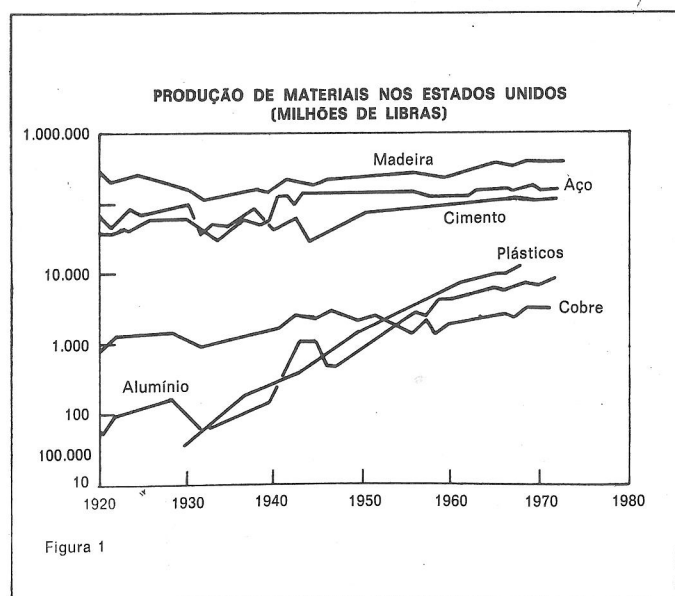
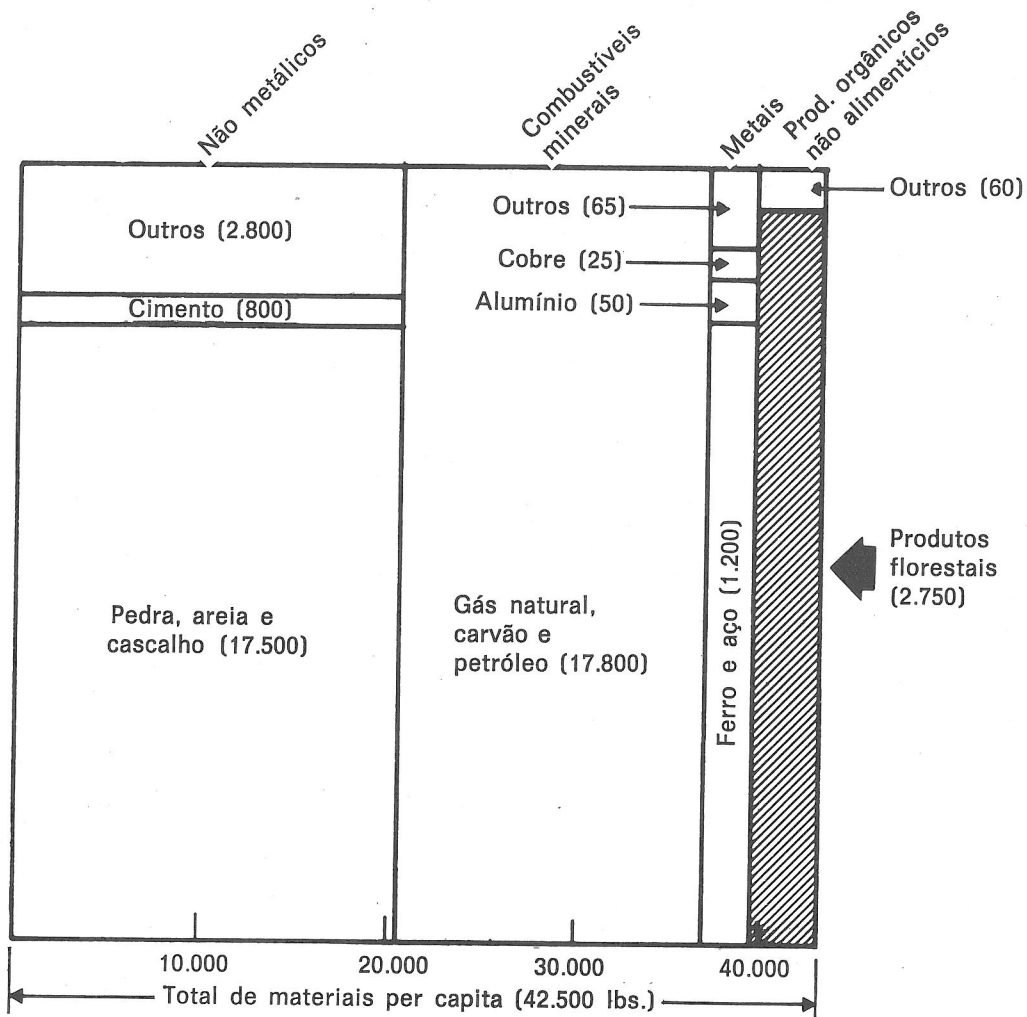


Figura 2 PESO DE NOVAS MATÉRIAS-PRIMAS PER CAPITA NOS U.S.A. EM 1972 (LIBRAS)



**PETRÓLEO**

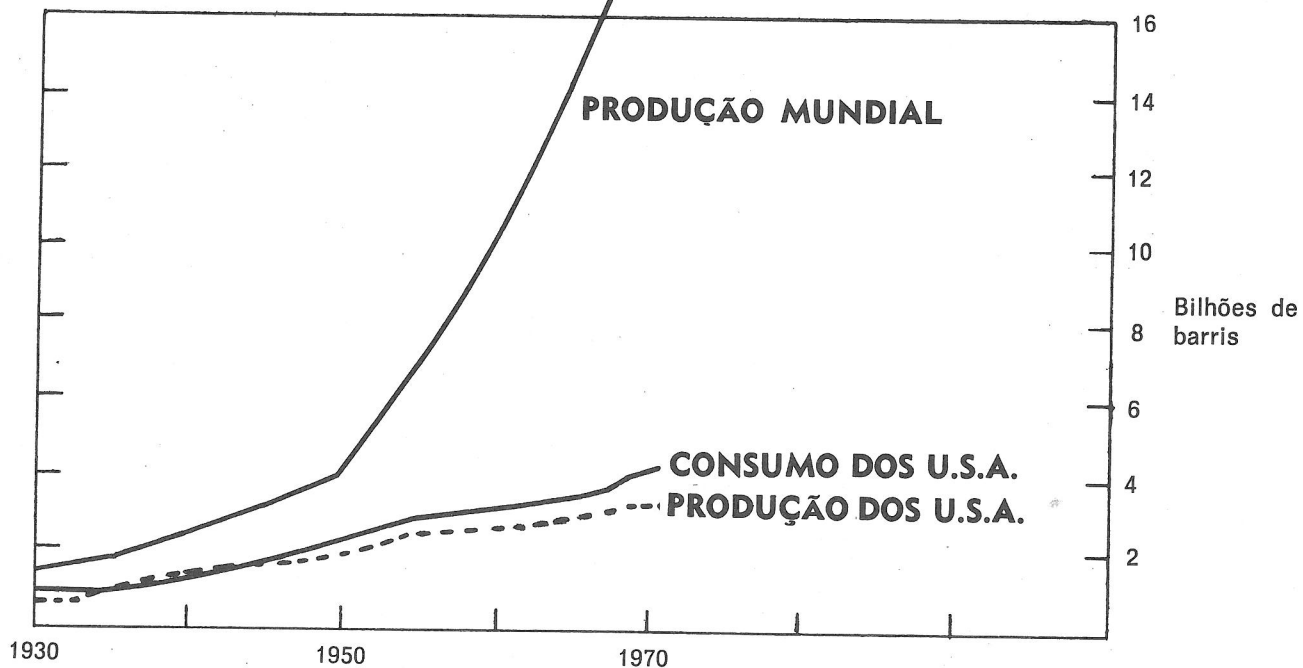


Figura 3

### 18 MINERAIS

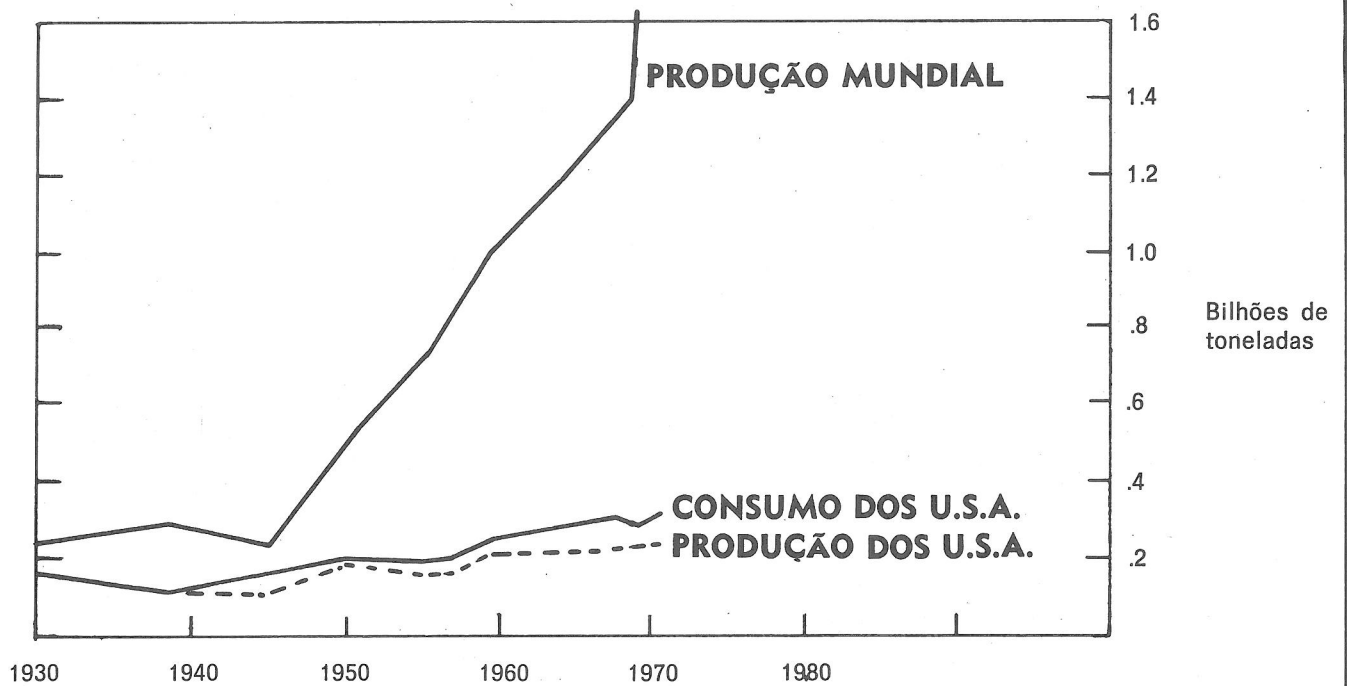


Figura 4

### IMPORTÂNCIA RELATIVA DE MATÉRIAS-PRIMAS INDUSTRIAIS

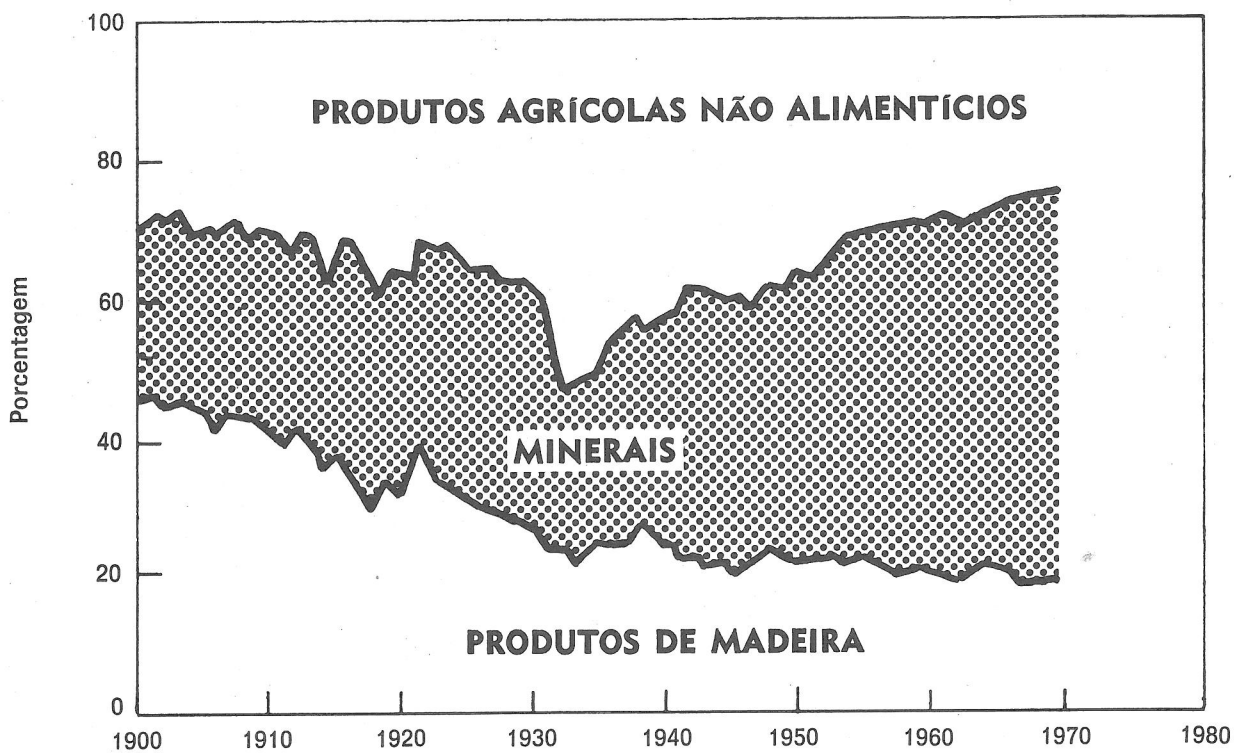
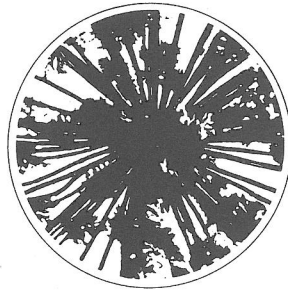


Figura 5

# Seminário



## **FLORESTA** **potencial energético brasileiro**

**TERCEIRA SESSÃO**, realizada às 9h do dia 9/8/77, no Estúdio G do Palácio das Convenções, Parque Anhembi — SP.

**POLÍTICA FLORESTAL E  
APROVEITAMENTO DA ENERGIA  
FOTOSSINTÉTICA EM PROGRAMAS  
ESPECIAIS**

### **MESA DIRETORA**

**PRESIDENTE**

— **ARMANDO M. CLEMENTE**  
Presidente da ABR

**MODERADOR**

— **MÁRIO A. FAGUNDES**  
Secretaria da Agricultura — SP

**CONFERENCISTA**

— **CARLOS E. THIBAU**  
CREA — MG



# POLÍTICA FLORESTAL E O APROVEITAMENTO DA ENERGIA FOTOSSINTÉTICA EM PROGRAMAS ESPECIAIS

Carlos E. Thibau

## Sumário Summary

Análise global do atual Código Florestal Brasileiro, que implementa quatro grandes linhas políticas específicas a saber: a de preservação das formações florestais, de utilização racional do patrimônio lenhoso, de integração floresta-Indústria, de isenções e incentivos fiscais para reflorestamento, e cuja preocupação maior é colocar, em benefício do homem, os recursos naturais renováveis, em harmonia com o meio-ambiente.

Descrição sucinta das formações florestais brasileiras e dos sistemas usados na sua exploração, desde os meramente extrativistas até aqueles baseados na produção sustentada, calcados na moderna silvicultura e que já estão se formando principalmente na região centro-sul.

Caracterização do panorama energético mundial e da situação brasileira, em função de programas especiais, tanto daqueles tradicionalmente existentes, como no caso do Programa florestal-industrial integrado à siderurgia, como de outros, cujas viabilidades são discutidas na atualidade (v.g. o Programa de Produção de Etanol a partir da Madeira).

Proposição de uma escala de prioridades visando a adequação dos objetivos buscados à realidade, baseada principalmente na sustentação da produção madeireira em florestas nativas heterogêneas, na pesquisa florestal e no ordenamento do uso dos recursos florestais, com ênfase para a política de ocupação fundiária.

## Forestry Policy and Utilization of Photosynthetic energy in Special Programs

Global analysis of the present Brazilian Forest Code, which implements four important specific policy lines, as follows: forests preservation, rational utilization of timber patrimony, forest-industry integration, exemptions and fiscal incentives for reforestation, and which major purpose is to set the renewable natural resources in accordance to the environment, on man benefit.

Summarized description of brazilian forest formations and of the systems used on its exploration, from those solely extractives to those based on supported production, trod in modern silviculture, that are already setting up on the central south area.

Characterization of World energy view and of brazilian situation, according to special programs, both those traditionally existent, as in the case of forest-industrial program integrated to siderurgy, and of others, which availabilities are presently discussed (v.g. the program of ethanol production from wood).

Proposition of a priority scale, aiming the fitness of the goals brought to reality, based mainly on sustenance of wood production in heterogenous native forests, on forest research, and on the ordering of forest resources utilization, with emphasis to agrarian occupation policy.



O Eng.º Carlos E. Thibau é formado pela Escola Superior de Agricultura da Universidade Federal de Viçosa (1943); atual presidente do Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia — 4.ª Região, Estado de Minas Gerais. Pertence ao Quadro Permanente do Ministério de Agricultura — DEMA — MG; Coordenador Regional do Centro de Pesquisa Florestal da Região do Cerrado — PRODEPEF — de 1971 a 1976; Coordenador Executivo do Grupo de Trabalho Carvão Vegetal, Siderurgia, 1971-1974; membro da Comissão Permanente Carvão Vegetal Siderurgia, 1975-1977; Presidente do Instituto Estadual de Florestas do Estado de Minas Gerais, 1967-1971; tem inúmeros trabalhos publicados sobre Economia e Manejo Florestal; pesquisas com trigo, tendo inclusive lançado a variedades de Trigo BH 1146, adaptada às condições do Brasil Central. Tem desempenhado consultorias para ONU — FAO e intensa participação em Congressos e Seminários.

# POLÍTICA FLORESTAL E O APROVEITAMENTO DA ENERGIA FOTOSSINTÉTICA EM PROGRAMAS ESPECIAIS

Carlos E. Thibau

A política florestal em todo o mundo, principalmente nesta conjuntura, visa ao desenvolvimento da atividade florestal em benefício de toda a humanidade.

Apesar das razões que conduziram à situação atual de preocupações com o meio ambiente e com a crescente demanda de produtos florestais, existe uma histórica oportunidade para procurar uma harmonia entre o ideal da administração dos recursos renováveis com as aspirações da sociedade em geral.

A Declaração das Nações Unidas Sobre o Ambiente Humano é uma confirmação desta orientação e constitui-se na base para a política florestal a nível internacional.

A política florestal deve fundamentar-se em decisões sobre o que se deseja da floresta e de seus produtos para cumprir as metas e objetivos nacionais.

O crescente interesse nos problemas ambientais, ao contrário de ser considerado um impedimento para explorações florestais, deve ser tomado como base política para maior atenção na formulação, modernização tecnológica e mudança de conceitos tradicionais, estes sim impeditivos do estabelecimento prático de uma nova política.

Os responsáveis pela política florestal devem levar em conta a dinâmica do caudal de conhecimentos e as tendências importantes para estabelecer, com segurança, a tecnologia aplicável para atendimento das necessidades humanas associadas à preservação dos recursos renováveis.

A CONFERENCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE AMBIENTE HUMANO insistiu na importância de se tomar alguma providência na ordenação dos bosques tropicais, recomendando inclusive recursos especiais do PROGRAMA MAB (Homem — Biosfera).

Para atendimento de demandas não basta considerar as florestas como recursos naturais renováveis. Há que inseri-las em projetos de ocupação da terra com produção sustentada e econômica, caso contrário serão substituídas para usos alternativos de interesse comunitário.

Este ponto é importante, porque as florestas tropicais representam cerca de 55% da cobertura florestal da terra, que por sua vez cobrem um terço da superfície terrestre.

Note-se que a região tropical é a mais carente de tecnologia e a floresta respectiva a mais heterogênea, não se lhe aplicando a tecnologia gerada nas regiões desenvolvidas, coincidentemente de florestas homogêneas em clima temperado.

Por estas razões, na fundamentação e execução da política florestal para a região tropical, deve-se tomar decisões integradas ao plano geral do país, o que não aconteceu no passado, especialmente pela colocação da floresta como fator abundante.

O plano geral para sua efetivação requer inventário exaustivo e classificação da superfície nas diversas classes de aptidão da terra.

A combinação dos fatores que influenciam a produtividade, tais como climáticos, topográficos e edáficos, com as amplitudes das classes de aptidão, podem conduzir a decisões sobre o potencial das terras, seus revestimentos para destinações várias, visando atingir as metas de ocupação espacial.

Na formulação da política florestal deve-se atentar para as necessidades de sua contribuição para toda a economia.

Mede-se, hoje, o desenvolvimento muito mais pelo benefício gerado pelos recursos naturais, que pelo potencial estático dos mesmos. O principal papel da Engenharia é a viabilização de colocar em benefício do homem os recursos naturais, renováveis ou não, harmonizados com o meio ambiente e a sustentação dos renováveis.

Esta harmonia só é possível quando baseada em pleno conhecimento do recurso renovável, sua capacidade de regeneração e exploração em tempos que permitam a sucessão.

A floresta, como recurso renovável, deve ser regida por uma política calçada em legislação específica, que deve levar em conta todas as leis disciplinadoras, especialmente de acesso à terra, cujos modelos, como na legislação específica do Brasil, provavelmente não atentam para os aspectos técnicos, sociais e econômicos especificamente envolvidos.

A evolução rápida na tecnologia e a mudança na destinação dos produtos advindos da floresta, sua integração em complexos agro-industriais, exigirão sempre novas definições na legislação de acesso à terra, especialmente no Brasil, que possui vasta área territorial em ocupação, coincidentemente a de maior manifestação florestal.

## 2 — POLÍTICA FLORESTAL BRASILEIRA

A instrumentação da nova política florestal brasileira, para atender ao seu dinamismo atual, é recente, e baseada no novo Código Florestal de 1965.

Este Código regulamenta inciso constitucional, estabelecido de que as florestas exis-

tentes no território nacional, são reconhecidas como de utilidade às terras que revestem e são bens de interesse comum a todos os habitantes do país, exercendo-se o direito de propriedade com as limitações que a legislação em geral e especialmente o próprio Código estabelecem.

O Código Florestal, baseado nestes princípios, conceitua toda conduta, estabelecendo políticas e meios, proibições e penalidades, para normalizar a ação no campo dos recursos florestais.

O Código Florestal, no nosso ponto de vista, estabelece 4 (quatro) políticas principais e duas condutas importantes, além de especificar proibições e penalidades.

As principais políticas estabelecidas pelo Código Florestal são:

### 2.1. POLÍTICA DE PRESERVAÇÃO

Procura assegurar:

- Florestas de preservação permanente (Quanto à situação estratégica)
- Proteção de atributos excepcionais da natureza (Parques e reservas equivalentes)
- Patrimônio indígena
- Limitação de uso para conservação, propagação ou defesa florestal
- Florestas nacionais (Fins econômicos, técnicos e sociais)

Dos cinco itens citados, três são em terras governamentais e os demais correspondem a limitações na propriedade privada.

### 2.2. POLÍTICA DE UTILIZAÇÃO RACIONAL

Regula a exploração florestal:

- Florestas plantadas (Liberado o uso para fins produtivos)
- Florestas naturais (Normas estabelecidas por ato do poder público)
- Manejo (Normas variáveis por tipologia e região)
- Reservas obrigatórias (Porcentagem por propriedade)
- Reposição obrigatória (Correlacionada ao consumo)
- Substituição (Implantação por florestas plantadas visando o maior rendimento econômico).

A implantação desta política muito depende do estágio tecnológico. A tendência de substituição total por floresta plantada, dado ao conhecimento de normas para explora-

ção e manejo das florestas naturais, especialmente as heterogêneas, tem acentuado conceitos quase impeditivos da utilização racional dos nossos recursos florestais. Quase toda atenção tem sido dada à floresta plantada, razão porque estamos avançados nesse campo.

### 2.3. POLÍTICA DE INTEGRAÇÃO FLORESTAL INDUSTRIAL

O Código Florestal genericamente obriga, a que as empresas grandes consumidoras, organizem serviços florestais e plantios de áreas que assegurem o equivalente consumo.

No caso da siderurgia, obriga a manter florestas próprias para exploração racional ou formar plantios destinados ao seu suprimento.

Esta política, a nosso ver, somente começou a ser implantada com as Portarias Normativas n.ºs. 1, 8 e 10 do IBDF, que pela primeira vez possibilitam o manejo de áreas naturais e associam à demanda futura o contingente necessário de reflorestamento.

Estas são as primeiras tentativas para sistematizar a política de utilização florestal industrial, programando e disciplinando as ações dos usuários dos recursos florestais.

Até então, o recurso florestal natural praticamente era considerado finito e toda utilização passível da reposição obrigatória, por reflorestamento.

Para atender aos grandes programas florestais industriais integrados torna-se necessário que os mesmos estejam bem situados na política do país, pois sua efetivação dependerá da prioridade que lhe seja dada no plano geral.

### 2.4. POLÍTICA DE ISENÇÕES E INCENTIVOS FISCAIS

O Código Florestal prevê:

- Imunidade tributária para floresta plantada;
- Dedução Integral do Imposto de Renda e das taxas específicas das importâncias empregadas em florestamento e reflorestamento;
- Prioridades e normas para crédito.

O exemplo ímpar, que a política brasileira de incentivos fiscais deu, é o mais prático.

Foi uma decisão política, que abriu um grande campo para a absorção de mão-de-obra a utilização de áreas no meio rural.

Quebrou um círculo vicioso — não ter indústria por falta de matéria prima e não ter matéria prima por falta de indústria.

Entretanto, a nossa atual política de incentivos fiscais é limitadora dos princípios do Código Florestal, que é de imunidade tributária e dedução integral do Imposto de Renda.

Outro aspecto negativo é ter apenas disciplinado o plantio, não oferecendo oportunidades para utilização e manejo, especialmente das florestas naturais.

Os principais pontos negativos, todavia, promoveram apenas a implantação de maciços, e não a exploração até a maturação do projeto, e a falta de disciplina para projetos integrados à industrialização.

De qualquer forma, a política de incentivos fiscais abriu a maior oportunidade para dinamizar um setor, que era marginalizado.

### 2.5. CONDUTAS IMPORTANTES

A principal conduta foi o estabelecimento de ensino florestal, em diferentes níveis, com o que forma contingentes voltados especificamente para o setor. Outra, foi criar conscientização florestal no país, muitas ve-

zes, todavia, calcada em conceitos não muito aplicáveis, que somente o tempo corrigirá.

### 2.6. PROIBIÇÕES E PENALIDADES

Não necessita abordagem, pois são claros no Código.

Finalmente, a estrutura de nossa política florestal é o CODIGO FLORESTAL, que permite sejam implantadas normas de meios e de funcionamento, inclusive delegadas aos Estados.

Vamos convir que a diferenciação dos ecossistemas do nosso território e a própria ocupação, estão a exigir que nos termos de nossa legislação genérica, sejam baixados Atos Normativos que acompanhem a dinâmica do caudal de nossos conhecimentos técnicos e das próprias necessidades nacionais em diferentes momentos de demanda. O principal é considerar que o recurso florestal é renovável, mesmo sabendo que muitos não acreditam na sua recomposição, pois desconhecem os estágios da sucessão e/ou normas de manejo que disciplinem esta sucessão.

Daí a necessidade de divulgar a situação florestal e a técnica aplicável, baseada em pesquisas específicas, para atender a utilização racional de nossos recursos que basicamente são muito diferenciados de outras situações ou países que exploram esses recursos.

### 3 — PAISAGEM FLORESTAL BRASILEIRA

Os variados ambientes ecológicos que se encontram no Brasil deram lugar ao aparecimento de distintos tipos florestais naturais. Cada um deles distingue-se por ampla

gama de formações florestais que, consideradas em conjunto, representam enorme riqueza, voltada para as mais diferentes destinações.

Em linhas amplas, ocorrem no Brasil, importantes formações florestais como mostra o quadro Formações.

Outras ocorrências — pantanal, áreas costeiras, afloramentos e áreas de transição, inclusive áreas do cerrado na Região Amazônica — completam a cobertura dos 12% restantes do território nacional.

### 3.3. Razões determinantes

A visão global da paisagem florística primitiva do Brasil mostra que a floresta e a caatinga são formações tipicamente climáticas, enquanto o cerrado e o campo são formações de natureza edáfica. Lembra, também, que a paisagem primitiva, representando florestas, cobria 55% do território. Por outro lado, verifica-se, comparando a cobertura florestal primitiva e a atual, uma grande modificação na região da Floresta Atlântica e da Floresta Subtropical e Temperada, que representavam 10% e 5% do território e que hoje representam 1% e 0,5%, respectivamente. Esta transformação corresponde exatamente ao início da ocupação espacial, sem nenhuma atenção para os modernos conceitos agrônômicos de exploração do solo, face à própria capacidade de uso da terra, que é determinada por uma interação de fatores de natureza topográfica, física e química do solo e por condições climáticas e de situação em função dos centros consumidores.

Da mesma sorte, a decisão da técnica adequada de conservação do solo e água é

FORMAÇÕES	Participação no Território	
	Primitivo	Atual
<b>3.1. Florestas</b>		
3.1.1. Floresta Amazônica — Floresta Pluvial Tropical, mata densa, alta, folhagens sempre verdes e bem estratificadas. Usos múltiplos.	40%	36%
3.1.2. Floresta Atlântica — constituída pela Floresta Estacional Tropical e pela Floresta Caducifolia Tropical. Floresta costeira, com penetrações nos vales e encostas. Formação alta, densa, com inúmeras espécies caducifolias. Usos alternativos intensos, exploração da madeira e do carvão vegetal	10%	1%
3.1.3. Floresta Pluvial Subtropical e Temperada. Formação alta e densa, poucas espécies caducifolias. Serra do Mar e Planalto Meridional do Brasil, onde ocorre o pinheiro do Paraná. Usos alternativos e intensa exploração madeireira.	5%	0,5%
Sub-total	55%	37,5%
<b>3.2. Outras Formações</b>		
3.2.1. Cerrado — Formação arbórea, lenhosa e arbustiva, determinada por clímax edáfico. Variações de cerradão, cerrado, cerradinho e campo. Vegetação típica de chuvas no verão e estiagem no inverno. Intensa exploração para carvão vegetal em Minas Gerais, pouco uso alternativo, grande capacidade de produção lenheira.	20%	12%
3.2.2. Caatinga — Formação lenhosa, baixa, típica de clima tropical semi-árido. Economia extrativista. Atividade agro-pecuária muito dificultada.	8%	3%
3.2.3. Campo — Vegetação baixa e de gramíneas, às vezes relvas adensadas. Ocorre em áreas de altitudes ... (Serra da Mantiqueira) depressões inundáveis ... (Ilha de Marajó) e na região subtropical ... (Campos Gerais, Campanha Grande, Campos de Bajé), no Rio Grande do Sul. Condições climáticas várias. Atividade pastoril e agrícola.	5%	—
Sub-total	33%	15%
Total	88%	52,5%



também condicionada aos volumes de investimentos requeridos e/ou às disponibilidades financeiras existentes que, por sua vez, são limitadas pela rentabilidade da exploração e atuam em função do mercado.

A fase de ocupação do espaço agrícola no Brasil, especialmente na Região Leste, não levou em consideração os modernos preceitos técnicos, tanto no uso agropecuário como, com muito mais ênfase, no uso indiscriminado da cobertura florestal.

Neste último caso, a exploração foi mal feita, por várias razões em que se destacam as seguintes:

- falta de infra-estrutura para exploração;
- grande heterogeneidade da floresta, associada ao desconhecimento das características tecnológicas de numerosas espécies;
- baixo índice tecnológico;
- pequeno valor unitário da madeira em pé;
- pequeno aproveitamento e alto desperdício;
- tendência generalizada para uso alternativo do solo;
- falta de normas para o manejo das áreas, visando uma produção sustentada.

Tecnicamente, em face da própria necessidade do homem e em função de setores de atividade, os recursos renováveis, especialmente os florestais, deverão ser explorados de tal sorte que se possa obter o máximo produto, com menores riscos de degradação do meio ambiente, em respeito aos princípios conservacionistas, econômicos e sociais abrangidos.

O estudo das razões determinantes do mau uso dos recursos florestais heterogêneos demonstrará ser impossível estabelecer um manejo florestal em áreas pequenas e individuais. O ciclo de rotação é grande e somente se atingirão os objetivos da produção sustentada em áreas compatíveis, bem definidas e tituladas, do próprio Governo ou de empreendimentos integrados.

A heterogeneidade exige maior conhecimento tecnológico das numerosas espécies, inventário florestal específico, comportamento estrutural do povoado sucessor, determinação de métodos e prazos de e entre intervenções, aproveitamento das espécies comercializáveis e do grande volume lenhoso do bosque secundário.

Portanto, a utilização de qualquer método de preservação dos recursos naturais dependerá muito da política global de ocupação das terras e, em especial, do sistema e do programa em geral das atividades exploratórias.

Problemas de ordem econômica e social são importantes para efetivação de planos dessa natureza, especialmente no Brasil, detentor ainda de extensas áreas por ocupar, como é também de outras não menos extensas, já ocupadas sem planos conservacionistas bem definidos.

Por esta razão, na colocação dos problemas pode-se perfeitamente escolher diferentes métodos para cada situação peculiar.

Na nossa situação especial, haverá necessidade de maior investigação para definição de metas, estabelecimento de novos sistemas de agricultura e de manejo dos recursos florestais e, conseqüentemente, mudanças de conceitos tradicionais.

Um deles é o de que as florestas tropicais e subtropicais heterogêneas não se regeneram e, quando o fazem, mudam completamente a estrutura.

Isto requer atenção cada vez maior dos investigadores, visando a estabelecer práticas que melhor se adaptem ou mesmo imitem o funcionamento dos ecossistemas naturais dos trópicos.

Cumpre associar-se o grande potencial de produção primária dos trópicos e sua grande capacidade de produção lenhosa à seleção de práticas que conduzam a atividades aconselháveis, sejam produtivas ou sustentadoras da produção e do meio.

"Tudo faz crer — cita Paulo Alvim (1973) — que estamos a caminho de transformar, em futuro não muito distante, o potencial de produtividade biológica dos trópicos em recursos econômicos para o bem da humanidade".

#### 4 — SISTEMAS DE EXPLORAÇÃO

A exploração dos espaços florestais, de modo geral, têm sido feito consoante os seguintes sistemas de produção:

##### 4.1. Extrativista

Sistema imperante no Brasil, especialmente na Amazônia. Caracteriza-se por um processo de exploração itinerante ou nômade, com aproveitamento de árvores isoladas, de maior valor comercial, em locais de fácil acesso, ao longo dos rios ou estradas.

Em outras regiões a extração é mais intensa, normalmente precedida pelo fogo nos sub-bosques, fazendo a operação de limpeza, conforme sistema em uso no sul da Bahia. Existem, também, métodos aparentemente meros destrutivos, sem emprego do fogo. Após inventário florestal das árvores comercializáveis, estabelecem um plano de corte das mesmas, deixando o bosque residual, na prescrição de regeneração. Neste caso, o bosque secundário normalmente ocupa a área e conduz ao que se chama "floresta degradada".

##### 4.2. Usos Alternativos

A exploração florestal para extensivos usos alternativos do solo para agropecuária ou mesmo para reflorestamento é uma prática largamente empregada no Brasil, inclusive através de projetos incentivados, e ocupa centenas de milhares de hectares por ano.

Anteriormente, não havia praticamente qualquer aproveitamento da cobertura florestal, especialmente quando era grande a distância do mercado. Hoje, face a novos dispositivos baixados pelo IBDF, existe a obrigatoriedade de aproveitamento dos produtos lenhosos e madeireiros.

Neste sistema, a prática geral é a de ainda se explorar, na floresta, somente as espécies mais valiosas. Na região do carvoejamento existe o aproveitamento do material lenhoso. Em seguida, queimam e destocam para possibilitar pastagens, agricultura e reflorestamento.

Logicamente, a floresta natural jamais subsistirá em áreas com vocação agrícola, pecuária e de florestas artificiais homogêneas. O uso alternativo deve ser evitado nas áreas de difícil implantação agropecuária, pelas características do solo, topografia e outras, visto que conduzirá à erosão intensa ou a uma taxa excessiva de ocupação por uma atividade. Os levantamentos aerofotogramétricos têm determinado com muita precisão os percentuais de uso potencial do solo.

A política brasileira deve atentar para coibir os usos alternativos em regiões sem vocação definida.

##### 4.3 Produção sustentada

Para as condições atuais prevalescentes em extensas áreas da Região Amazônica e do Cerrado, o processo que se afigura mais racional e aplicável é o sistema de produção sustentada.

Este sistema baseia-se na grande capacidade de regeneração natural, inclusive com as variações de regeneração induzida e enriquecimento, sendo o mais indicado para conversão de capoeiras — capoeirões em áreas produtoras de madeira e lenha, através de intervenções sucessivas.

A aplicação do sistema de produção sustentada só é viável se a floresta for de propriedade do agente manejador e houver área suficiente para possibilitar uma atividade econômica. O tamanho da área é importante, especialmente no caso de integração florestal-industrial, para permitir adequado abastecimento durante todo o período de rotação da área em produção sustentada. Este ponto é importante, tendo em vista o prazo de rotação necessário para a floresta manejada fornecer nova safra. Assim sendo, deve ser feito previamente um inventário florestal e planejada a área a ser explorada por ano e para o ciclo total da rotação, para se estabelecer o plano de manejo aplicável e cada tipologia florestal, que nas nossas condições têm como característica peculiar a grande heterogeneidade.

Os prazos de rotação variam de 10 a 15 anos para produção de lenha, e quando associados à produção madeireira necessitam de intervenções seletivas em intervalos de 15 anos, retirando lenha e deixando árvores de espécies selecionadas, objetivando obter dormentes, postes ou toras para serraria, que são obtidos sucessivamente na segunda e terceira intervenções. O ciclo de produção sustentada segue, então com três estratos no povoamento.

Este sistema é ainda pouco aplicado e merece maior difusão.

##### 4.4. Silvicultura

Desenvolve-se no Brasil, especialmente nas Regiões Centro e Sul, um grande surto de reflorestamento. Este é um sistema de uso alternativo do solo, muito aplicável em regiões desflorestadas e principalmente quando o mercado exige material com grande homogeneidade. Outro aspecto que informa a política brasileira de reflorestamento é a necessidade de substituição de áreas degradadas, que perderam o potencial produtivo, por formações de grande incremento.

A silvicultura tem-se baseado em espécies de rápido crescimento, especialmente dos gêneros ... *Pinus* e *Eucalyptus*, que são oriundos de maciços naturais homogêneos, com seleção natural para plantas exigentes em luz em todos os períodos do desenvolvimento.

Por esta razão, prestam-se perfeitamente a plantios homogêneos extensivos, sem necessidade de consorciação.

Daí a principal razão por que as espécies nativas brasileiras ainda não são empregadas em larga escala em plantios homogêneos, pois as mais nobres exigem períodos de sobra na juventude.

A política brasileira de reflorestamento baseia-se, portanto, em fatores que o tornam de grande interesse para o desenvolvimento do país, tais como:

- mercado atual, interno e externo;
- mercado potencial, inclusive pela instalação de novas indústrias (celulose, aglomerados e outras);



- grande possibilidade de áreas;
- ecologia favorável, com grande incremento anual;
- solução de problemas para a grande massa de mão-de-obra no meio rural.

A silvicultura em larga escala também possibilitou, especialmente mediante incentivos fiscais, a implantação de grandes projetos florestais e a organização de escritórios técnicos e de empresas especializadas, que abriram campo para a Engenharia Florestal e possibilitaram o surgimento de grandes complexos industriais-florestais integrados.

A silvicultura não pode, entretanto, substituir a política de manejo das áreas florestais, pois são sistemas de produção completamente distintos.

A maior concentração relativa de reflorestamento encontra-se em São Paulo, Paraná e Minas Gerais, correspondendo, respectivamente, a 2,5%, 1,5% e 1% do território. As áreas remanescentes de cobertura florestal em São Paulo correspondem a 12% do território e em Minas Gerais a 40%, nesta, compreendidas florestas primitivas, sucessoras e as diversas tipologias do cerrado.

O reflorestamento vem ocupando em maior escala áreas do cerrado em Minas Gerais e São Paulo, exatamente para possibilitar maior produção por área e material homogêneo para atender à grande demanda industrial, e porque, na região do cerrado, são pequenos os demais usos alternativos.

## 5 — PANORAMA ENERGÉTICO

### 5.1. Conjuntura Mundial

A conjuntura energética mundial apresenta aspectos peculiares, que com o desenvolvimento da crise causada pela elevação dos preços dos combustíveis fósseis — petróleo, gás natural e carvão mineral — está condicionando os países a uma intensa procura de novas fontes de energia.

No caso particular do Brasil, cujos recursos em combustíveis fósseis ainda não estão disponíveis, o problema se apresenta muito sério e está despertando todos os profissionais, organismo de governo e o público em geral para soluções alternativas. A floresta no Brasil já foi a principal fonte de energia, na época do consumo direto de lenha.

A grande oferta de petróleo, associada ao extraordinário desenvolvimento da petroquímica, desestimulou todo o estudo para aprimoramento dos recursos renováveis advindos principalmente das florestas naturais a plantações, pois seus preços passaram a não ser econômicos.

Atualmente, a crise energética mundial força a retomada daquele estudo e existe a certeza de que tanto a energia solar direta como a armazenada pela fotossíntese serão o alvo principal, pois constituem a única fonte renovável de energia conhecida.

Um dos principais projetos de pesquisa em desenvolvimento no mundo visa à construção de membranas sintéticas que sejam capazes de desempenhar algumas das mesmas reações fotoquímicas que ocorrem no sistema natural das células das plantas. Este projeto, se alcançado e colocado em economia de escala, poderá armazenar a energia solar e conceituar um sistema renovável capaz de acolher a todo o incremento populacional.

Enquanto isto não acontecer, países, como o Brasil, possuidores de vasto território em região de alto índice de radiação solar, logicamente caminharão para incentivar a exploração racional e sustentada, de florestas

naturais e plantadas, visando à produção de energia, na base da fotossíntese.

A evolução das fontes principais de energia no mundo, principalmente no modelo de civilização introduzido pela revolução industrial, tende a uma crescente utilização de energia originada sobretudo de combustíveis fósseis como carvão mineral, petróleo e gás natural.

Em recente mesa redonda, patrocinada pelo o Globo, no Rio de Janeiro, em que se estudou profundamente o problema carvões, ficou aclarada a grande dependência brasileira das fontes externas e ressaltada a necessidade de ser definida uma política para maior utilização das fontes internas, renováveis ou não. Naquela mesa redonda foram citados dados das Nações Unidas sobre a evolução das fontes de energia, conforme o Quadro I:

Pelo quadro, verifica-se que a participação da energia hidráulica é muito pequena no mundo e provavelmente não poderá crescer muito. A nuclear ainda não tem, também, futuro definido. Existira, no período levantado, uma tendência para aumentar a participação dos combustíveis líquidos e do gás natural, sobre os quais, entretanto, pesam enormes preocupações para o futuro, pelo espantoso da provável falta e esgotamento desses recursos.

A tendência de queda da participação relativa dos combustíveis sólidos deve-se principalmente a problemas trabalhistas, de transportes e pelo controle de poluição. Mesmo assim é ainda, no mundo, a fonte tradicional mais segura, especialmente no hemisfério norte, onde as reservas são abundantes e de melhor qualidade.

### 5.2. Situação energética brasileira

A evolução das fontes de energia no Brasil, para o período considerado, é citada na referida mesa redonda, como no Quadro II.

Pelos dados verifica-se a baixa participação no Brasil dos combustíveis sólidos e do gás natural, praticamente, todo este consumo é devido à siderurgia a coque, na produção de aços planos, e pela geração termoeletrica. Ressalta também este quadro que o percentual brasileiro de consumo de combustíveis líquidos é superior ao da média mundial, e inclusive, ultimamente, ao dos EUA que possuem grandes reservas.

Felizmente, devemos ressaltar que a percentagem de uso da energia hidráulica no Brasil é das mais elevadas no mundo, compensando grande parte de nossas deficiências nos demais setores provenientes de fontes não-renováveis.

No Brasil, a energia elétrica corresponde a 80% de origem hidráulica e 20% de termoeletrica. Para 1980, espera-se que 83,6% sejam hidráulicas e 14,4% térmica convencional e já com participação de 2% de energia nuclear. Deverá, assim, haver maior participação de energia hidráulica, sobre a termoeletrica, devendo, todavia, manter-se ao nível de 20% sobre o total de energia consumida pelo país.

A contribuição relativa advinda de fontes renováveis de origem fotossintética, acusa no quadro II um acentuado acréscimo devido a várias causas.

Deve-se lembrar que em 1968 entrou em vigor a Portaria do IBDF sobre reposição florestal obrigatória pelos consumidores de produtos florestais, atingindo principalmente os usuários de lenha e carvão vegetal.

Quadro I — Fontes de energia

	Consumo no mundo			Consumo nos EUA		
	1960	1967	1973	1960	1967	1973
Combustíveis sólidos (carvão, antracito, etc.)	52	38,7	30	23,3	21	17,8
Combustíveis líquidos (gasolina, óleos, etc.)	31	39	43,7	41,6	40	42
Gás natural	14,6	19	2	31,6	34,8	34,8
Hidráulica e nuclear	2,1	2,3	3,4	3,6	4,1	5

Fonte: Dados da ONU

Quadro II — Fontes de energia no Brasil  
Participação relativa no Brasil (em %)

	1960	1967	1973
Combustíveis sólidos (carvão mineral etc.)	3,6	3,9	3,2
Combustíveis líquidos (derivados do petróleo)	37,6	39,4	48,4
Gás natural	0,1	0,2	0,3
Hidráulica e nuclear	14,1	15,7	20,7
Fotossintética (lenha, carvão vegetal, bagaço de cana, etc.)	44,6	48,4	27,4

Fontes: COMITÊ BRASILEIRO DE ENERGIA — (Bol. n.º 17 — 1973).

Como primeiro efeito, notou-se uma mudança nos hábitos domésticos nas grandes cidades, substituindo o uso da lenha nos fogões por gás e eletricidade e a modernização de indústrias, especialmente usinas de açúcar, padarias, restaurantes e hotéis, que passaram a consumir combustíveis líquidos e gasosos. Finalmente, a própria estatística de consumo de lenha passou a ser posta em dúvida.

O consumo nacional de carvão vegetal para siderurgia, que foi contido por muitos anos, passa agora a ser incentivado com base em estudos do IBDF e do CONSIDER, que promovem a racionalização da exploração e carbonização e dos próprios processos siderúrgicos. Deve-se lembrar que consome-se hoje três vezes menos lenha por tonelada de gusa que há 20 anos e são esperadas novas melhorias tecnológicas para futuro próximo.

Como um resumo da situação brasileira e enfocando apenas o consumo industrial, pode-se afirmar que, neste setor, 70% da energia consumida provém de fontes não-renováveis e este é quase totalmente dependente do exterior, o que nos coloca em situação estratégica inconveniente.

A contribuição energética da floresta brasileira, pelos dados citados, já é grande, pois situa-se aos níveis de 20 a 30% do consumo global. No futuro, face à nova política em implantação, novas técnicas deverão ser empregadas e para tal desenvolvem-se estudos especiais de manejo e utilização das florestas.

## 6 — PROGRAMAS ESPECIAIS

### 6.1. Programa Industrial — Florestal Integrado à Siderurgia a Carvão Vegetal

Este programa nasceu das conclusões do Grupo de Trabalho Carvão Vegetal — Siderurgia — GT-CVS, criado pela Portaria n.º 2.529 — DF, de 15.10.71, da Presidência do IBDF.

Entre as recomendações do GT-CVS resalta-se:

— Tornar obrigatório para usinas siderúrgicas a carvão vegetal, uma política florestal que conduza as empresas atuais, no prazo máximo de 10 anos, a oferecer a possibilidade de se abastecerem desse recurso numa base mínima de 50% proveniente de florestas próprias, plantadas ou naturais manejadas.

— As empresas deverão apresentar plano industrial integrado ao de reflorestamento, onde esteja indicada a programação siderúrgica e florestal que conduza àquela meta.

— Que se estabeleça uma política de sustentação da produção lenheira, a qual pode ser obtida pelo manejo adequado das florestas ou pela combinação do manejo da cobertura florestal existente com a obrigação de reflorestar.

Com base nestas recomendações, o IBDF e o CONSIDER assinaram Convênio estabelecendo a COMISSÃO PERMANENTE CARVÃO VEGETAL SIDERURGIA, que passou a implantar toda a política referente ao PROGRAMA INDUSTRIAL FLORESTAL INTEGRADO A SIDERURGIA A CARVÃO VEGETAL.

Todas as empresas tiveram que estabelecer, calcada na produção e consumo de 1975, um plano decenal, que periodicamente é revisto pela COMISSÃO PERMANENTE.

Por outro lado, incentivam-se a pesquisa sobre o manejo sustentado e os levantamentos do potencial carvoeiro dos povoamentos nativos.

Com base nestes estudos, bem como do GT-CVS, o Plano Mestre de Siderurgia pode detalhar a formulação da expansão da Siderurgia a Carvão Vegetal, que hoje tem a necessária prioridade.

### EVOLUÇÃO DA SIDERURGIA A CARVÃO VEGETAL

Setores de atividade	(Dados em 1.000 toneladas)			
	1971	1975	1980	1985
Siderurgias integradas	1.163	1.675	2.851	2.852
Siderurgias de Fundação	229	284	345	395
Produtores de Gusa	730	1.550	2.694	2.714
Produtores de ferro liga	112	143	216	233
Totais	2.234	3.652	6.106	6.194

Fonte: CONSIDER — IBDF — CET — 1976.

### CONSUMO DE CARVÃO VEGETAL

Setores de atividade	(Dados em 1.000 Mdc)			
	1971	1975	1980	1985
Siderurgias integradas	4.194	5.759	8.450	9.160
Siderurgias de Fundação	877	1.099	1.100	970
Produtores de Gusa	2.819	5.920	10.100	10.080
Produtores de ferro liga	385	505	1.800	883
Totais	8.275	13.283	21.450	21.093

Fonte: CONSIDER — IBDF — CET — 1976.

Produção de Carvão Vegetal advindo de Reflorestamentos.

Pelos programas apresentados à Comissão Permanente Carvão Vegetal — Siderurgia, pela maioria das empresas envolvidas, o desenvolvimento da produção de Carvão Vegetal deverá se comportar, baseado também nas plantações existentes e em implantação, como se segue:

Carvão Vegetal de Reflorestamentos		
Anos	Minas Gerais	Total/Brasil
1975	678.739	759.114
1976	1.014.473	1.152.860
1977	1.443.302	1.660.814
1978	1.996.984	2.213.743
1979	2.448.790	2.587.599
1980	2.431.462	2.573.541
1981	3.082.687	3.265.044
1982	4.513.434	4.896.091
1983	5.110.961	5.834.640
1984	6.011.832	6.857.759
1985	9.111.048	10.300.828

#### Consumo Aparente

O balanço de consumo por setor de atividade, em 1985, considerando o programa de reflorestamento é o seguinte:

Setores de atividade	Consumo de Carvão	Produção própria	%
Integradas	9.160.120	5.629.515	61,46
Fundações	970.500	375.194	38,66
Gusa	10.079.990	3.868.457	38,38
Ferro liga	882.570	427.662	48,46
Totais	21.093.180	10.300.828	48,83

Fonte: IBDF — CONSIDER — 21.07.76.

Para atender às premissas do programa, estão sendo reformuladas os planos florestais de inúmeras empresas, para que cada setor ofereça os índices mínimos previstos de 50% em 1985.

### ORIGENS DO CARVÃO VEGETAL

	1971	1975	1980	1985
Consumo total	8.275	13.283	21.450	21.093
Eucaliptais	706	759	2.574	10.300
Povoamentos nativos	7.569	12.524	18.876	10.793
% Reflorestamento	8,53	5,71	12,00	48,83

Verifica-se que ainda por muitos anos o setor siderúrgico dependerá primordialmente de carvão vegetal advindo dos povoamentos naturais.

### POTENCIAL CARVOEIRO

A grande preocupação é determinar a potencialidade dos povoamentos naturais existentes na área de carvoejamento.

O GT-CVS calculou este potencial, como segue, em 1.000 Mdc:

Minas Gerais		
Potencial de Cerrados		11.000
" de matas		1.000
" de eucaliptais		5.000
São Paulo		
Potencial de eucaliptais		1.000
Espírito Santos		
Potencial de matas		2.000
Total		20.000

(Carvão previsto para 1980)

Verifica-se, pelos dados alinhados, que o atraso do programa de reflorestamento é o de praticamente 3 anos, decorrente do início da implantação do Programa Integrado.

Por esta razão haverá maior demanda de carvão de povoamentos naturais.

Para fazer face a esta demanda o IBDF e o CONSIDER contrataram novos levantamentos na área de carvoejamento, além do efetuado para o CT-CVS; estes levantamentos cobrirão 300.000 Km<sup>2</sup>.

Com o resultado disponível de 190.000 Km<sup>2</sup>, verifica-se que o potencial dos povoamentos naturais poderão atender a nova demanda e ensejar uma futura reformulação de produção siderúrgica, se incentivada a produção sustentada.

Capacidade de produção carvoeira sustentada.

Para atender ao programa siderúrgico a carvão vegetal, a área a ser colocada em regime de produção sustentada, deverá ser calculada no índice de 80% da levantada, atendendo a áreas para usos alternativos, reservas obrigatórias e inacessibilidades.

O cálculo da produção lenheira deverá ser determinado por tipologia e a produção de carvão pelos índices de conversão estes/metro de carvão. De acordo com o levantamento citado, as áreas disponíveis por tipologia são as demonstradas no quadro.

### NECESSIDADE DE REFLORESTAMENTO

Estima-se que as siderúrgicas tenham plantios de 250.000 hectares efetuados até 1975. Os plantios do Plano Decenal de Reflorestamento deverão variar de 90.000 a 150.000 ha por ano, de 1976 a 1985, devendo atingir em 1985 ao montante de 1.500.000

Síntese dos resultados do levantamento de formações vegetais na área do carvoejamento em Minas Gerais

Fonte: Fundação João Pinheiro  
Contrato IBDF — CONSIDER.

Tipologia	Área/ha	Cobertura relativa	
		%	%
Cerradão	694.457	3,63	
Cerrado	2.260.497	11,83	
Cerradinho	3.287.801	17,21	32,67
Floresta Atlântica	456.427	2,39	
Floresta Jaiba	351.864	1,84	
Capoeirão	204.600	1,07	
Capoeira	576.613	3,02	
Capoeirinha	1.364.799	7,14	15,46
Caatinga	1.935.576		10,13
Campo	3.007.952		15,75
Culturas	609.680		3,19
Pastagens	3.385.181		17,72
Reflorestamentos	585.927		3,07
Outros	383.478		2,01
	19.104.852		100%

Fonte: CET — 1977.

Tipologia	Área (ha)	Rotação/anos	Corte anual	Mdc/ha	Mdc/ano
Cerradão	500.000	20	25.000	70	1.750.000
Cerrado	1.800.000	10	180.000	30	5.400.000
Cerradinho	2.500.000	10	250.000	15	3.750.000
Matas	2.000.000	20	100.000	80	8.000.000
Totais	6.800.000		580.000		18.900.000

hectares reflorestados por todas as empresas siderúrgicas.

Esta área, baseando-se num incremento médio de 20 st/ha/ano e na conversão de 2 st/Mdc, deverá proporcionar um potencial de 15.000.000 Mdc/ano.

De acordo com a nova política da CONSIDER sobre siderurgia a Carvão Vegetal, a produção por setor de atividade deverá situar-se em 1985 nos seguintes números:

Setores de atividades	Produção (1.000 ton.)	Consumo (Em 1.000 Mdc)
Siderurgias integradas	5.600	15.700
Siderurgias de Fundação	490	1.500
Produtores independentes de Gusa	3.000	11.000
Produtores de ferro liga	610	2.000
Totais	9.700	30.200

Como não se pode antecipar a produção advinda dos reflorestamentos, nem atrasar o programa siderúrgico, dever-se-á ter em 1985, 10 milhões de Mdc de reflorestamentos e 20 milhões de Mdc de florestas naturais. Considerar-se-á melhoria tecnológica que diminuirá o índice de consumo, bem como novas áreas de produção de carvão vegetal, especialmente na Amazônia, Mato Grosso e Maranhão, entre outras.

O potencial brasileiro para produção de carvão vegetal é enorme, merecendo maior

atenção nos aspectos de melhoria tecnológica, a fim de obter melhor aproveitamento do material lenhoso, cada dia mais valioso, bem como maior renda aos produtores, possibilitando ainda sistemas permanentes de produção.

#### 6.2. Programa de Produção de Etanol da madeira

A produção de Etanol com base na madeira, é, entre as novas perspectivas de utilização da energia solar, via fotossíntese, considerada, no momento, merecedora da maior atenção, principalmente onde a radiação solar oferece os maiores índices de formação de biomassa.

Esta produção possui tecnologia desenvolvida, em escala, para cana-de-açúcar e mandioca.

A principal diferença, quando se usa a madeira, é que o processo deverá partir da hidrólise da celulose, mediante tratamento com ácido, para transformá-la em açúcares. Daí para frente o processo é praticamente idêntico ao da cana-de-açúcar.

No terreno industrial, entretanto, apresenta-se inúmeros e sérios inconvenientes derivados em parte com o volume de madeira a tratar, bem como o próprio trabalho com o ácido, especialmente na sua recuperação, sem o qual o custo tornar-se-á proibitivo. A madeira dificilmente terá homogeneidade, resultando, provavelmente, uma mescla de açúcares, incluindo não fermentáveis etilicamente. Entretanto, a tecnologia industrial já vem resolvendo todos estes problemas.

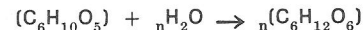
Os princípios básicos do programa são os seguintes:

1) Composição da madeira (eucaliptos com 10 anos):

	%	Celulose	Hemicelulose	Lignina
Tronco	66	50	20	25
Galhos	16	50	20	25
Cascas	10	45		
Folha	8	45		

#### 2) Transformação em açúcares:

A celulose em presença de ácido ou enzima de celulose sofrerá uma hidrólise para produzir açúcares.



Parte da hemicelulose dará também  $n(C_5H_{10}O_5)$

Para a produção de etanol, é importante usar ao máximo a produção de açúcares  $C_6$  (hexoses), que são os únicos que fermentam para o produto desejado. Para uma tonelada da madeira contendo 500 kg iniciais de celulose, pode-se produzir 555 Kg de glicose e 75 Kg de manose podem provir de hemicelulose, totalizando 630 Kg de açúcares por tonelada de madeira.

Existem inúmeros processos desenvolvidos no mundo para hidrólise da madeira, principalmente na Alemanha, onde, durante a Guerra Mundial, usavam-se desperdícios da madeira.

O processo usando ácidos fracos em temperaturas elevadas foi o desenvolvido nos Estados Unidos. Atualmente, na Europa, já existem usinas operando comercialmente para produção de glicose e xilose, na base de ácidos concentrados, conforme o Processo Rheinau.

Os mais modernos processos que empregam ácidos concentrados, obtêm transformação de 95% das celuloses em açúcares, atingindo a 590 Kg de açúcar por tonelada de madeira. Estes processos usam três fases distintas:

1. Pré-hidrólise — envolvendo um moderado tratamento com ácido fraco para remover a semicelulose;
2. Principal hidrólise — usando a força total do ácido para dissolver a molécula de celulose;
3. Pós-hidrólise — usando ácido para transformar os polissacarídeos em açúcares simples.

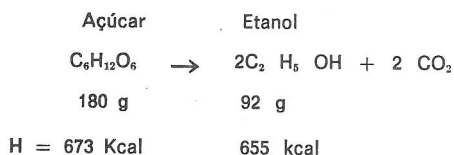
As altas produções obtidas nesse processo poderão compensar talvez os altos custos ainda imperantes. Este processo foi considerado similar ao Processo Maddison, dos Estados Unidos, em que usavam uma técnica melhorada de filtração para fazer a pré-seleção e ácido fraco. A produção comercial de etanol, visada pelo Processo Maddison, mostrou-se antieconômica em face do desenvolvimento de produções sintéticas do etileno. Existem, conforme apurado na Austrália, inúmeros processos em desenvolvimento, que, no futuro, devem vir a ser alternativas viáveis. Um ponto a resolver é que todos os processos dizem respeito à usinas de pequena capacidade e no futuro dever-se-á caminhar para economia de escala.

#### 3) Fermentação

A produção de álcool industrial através de madeira com conteúdo de açúcares é prática generalizada (melaço, amido, batatas, cereais, etc.) e sua adoção está sempre na dependência da conjuntura econômica e no desenvolvimento ou disponibilidade de outras fontes de energia.



A reação básica é a conversão da glicose em etanol e dióxido de carbono.



Na prática é prevista a obtenção de 500 quilos de açúcares por tonelada de madeira. Portanto, para cada tonelada de madeira seca, dever-se-á prever a produção de 200 litros de álcool anidro.

#### 4) Aproveitamentos Industriais

Qualquer que seja o processo empregado, a hidrólise da madeira proporciona, junto com os açúcares fermentáveis uma série de substâncias, como ácido acético, fórmico e outros, além da lignina residual, cujos aproveitamentos deverão constituir-se, também, base para tornar econômica a industrialização pretendida.

Na tomada de decisões para implantação de programas como este, deverão ser levadas em conta muitas peculiaridades, entre elas as seguintes:

- Este processo somente se aplica a regiões de grande capacidade de produção florestal, tendo em vista a grande produção de cana de açúcar por hectare.
- Localização da indústria, em situação que não sofra concorrência com outros usos alternativos da terra.
- Adaptação do processo às condições da floresta heterogênea, que resulta também em madeira variada, a fim de possibilitar aproveitamento das grandes manifestações florestais brasileiras (Cerrado, Amazônia e formações sucessoras).
- Análise de custo — benefício, sua interação com a conjuntura energética e as necessidades brasileiras.
- Determinação da produção por área, por ano e a rotação da exploração, com o fito de determinar a área de abastecimento para cada complexo.
- Determinação da escala econômica para cada complexo industrial em função de sua localização.

#### 7 — POLÍTICA APLICÁVEL

Logicamente não temos a pretensão, de numa simples palestra, tentar reformular a política florestal. Como citamos na abertura do trabalho, ela depende da política geral do país, da sua estrutura e da prioridade concedida.

Todavia, não mais se pode esconder, que dever-se-á mudar muitos conceitos para colocar em funcionamento as políticas previstas, especialmente no Código Florestal, que não precisa ser mudado e sim implementado com a técnica pesquisada e aplicável aos nossos ecossistemas.

Entre estas, permitam, para não nos alongar, citar apenas as seguintes:

- Sustentação da produção
- Pesquisa florestal
- Ordenamento

##### 7.1. Sustentação da Produção

De um modo geral, na floresta heterogênea, ainda são pouco empregados métodos de produção sustentada, especialmente o de associação de produção lenheira com a de toras.

As tentativas para manejo exclusivamente visando a produção de madeira para serraria, vem se mostrando antieconômica, exatamente pela heterogeneidade da floresta.

Mesmo nas formações em climax, o aproveitamento de madeira comercial é pequeno, atingindo de 30 a 60 m<sup>3</sup> das espécies de alto valor comercial, deixando no campo cerca de 200 Mdc de outras de menor valor.

O método que se afigura econômico é iniciar o sistema pelo corte raso do povoamento em climax, a fim de disparar a sucessão, na qual é possível o manejo de condução.

A exploração deverá aproveitar o enorme volume considerado desperdício.

Nas nossas condições, a fabricação de carvão vegetal possui tecnologia desenvolvida para a produção em escala, mesmo extensiva, sendo provavelmente o melhor aproveitamento para tornar econômico o manejo sustentado da produção lenheira, associado ao de toras, inclusive pelo aproveitamento dos cortes sucessivos no método de manejo que preconizamos.

Em Minas Gerais, onde se situa a maior demanda de carvão vegetal de que se tem notícia, o método já está sendo adotado e foi devidamente testado, sob nossa coordenação nos trabalhos do PRODEPEF, em formações secundárias da floresta atlântica.

Escolheu-se áreas com 18 a 20 anos de regeneração, na qual foi feito um inventário rigoroso, no sistema de amostragem, determinando-se, por parcela, a frequência das espécies, DAP acima de 5 cm de altura, calculando-se a área basal e o volume real em estereos.

As espécies são estudadas pelo valor e características, organizando-se listagem de prioridades.

Estabelecidas as áreas de corte e a prioridade das espécies, o manejador após um rápido reconhecimento visual do povoamento, percorre a área, marcando as árvores que deverão permanecer, seguindo ao máximo a ordem de prioridade.

As árvores marcadas deverão estar espaçadas de 4 a 6 metros entre si, o que dará uma frequência de 400 a 500 árvores por hectare.

A equipe de serra promove o corte raso das demais, fazendo rapidamente a picação e baldeamento da lenha para os carregadores, liberando toda a superfície.

Após o corte, o manejador refaz a seleção, eliminando árvores defeituosas.

Ponto importante neste sistema é alternar áreas de corte, para proteger as árvores que permanecem, dos ventos, pois são muito sujeitas ao tombamento.

##### Exemplo de levantamento

No município de Itabirito — Minas Gerais — em área da Usina Queiroz Júnior, promovemos a amostragem, em parcelas de 10 x 10 metros, distribuídas pelo povoamento de 18 anos de regeneração.

Amostra	Estrato	Área basal	Altura média (m)
1	I	30,27	8,13
2	I	29,26	8,61
3	II	17,61	10,07
4	II	15,59	9,56
5	III	9,60	6,73
6	III	8,49	6,44
7	III	10,69	7,78
8	III	14,11	8,09
9	III	13,82	8,00
10	II	16,70	8,27

#### Resultado por Estrato

Estrato	Área basal (m <sup>2</sup> /ha)	Altura média (m)	N.º árvores (ha)
Superior (I)	29,77	8,08	4.250
Médio (II)	16,63	9,15	3.500
Inferior (III)	11,34	7,39	2.960

#### Seleção de espécie

Foram organizadas as listagens e prioridades seguintes:

##### A — Espécies de valor conhecido

Espécie	Frequência (ha)
1. Peroba rosa	300
2. Canela	120
3. Camboatá	140
4. Copaíba	30
5. Sucupira	20
6. Jambo	130
7. Candeia	150

##### B — Espécies de valor não conhecido

Espécie	Frequência (ha)
1. Bico de pato	170
2. Ingá branco	170
3. Pau de fumo	90
4. Aldrigo	150
5. Maria mole	240
6. Capinxingui	220
7. Quaresma	230
8. Caituá	300
9. Brauinha	230
10. Pimenteira	190

#### Dados volumétricos

Após o corte de um hectare por estrato, foram determinados com rigor os dados para os estratos Superior e Médio, deixando o Inferior para maior desenvolvimento.

	Estrato Superior (Por ha)	Estrato Médio (Por ha)
Lenha obtida	268 st	277 st
Árvores deixadas	492	490
Área basal deixada	1,84 m <sup>2</sup>	1,68 m <sup>2</sup>
Altura média	6,00 m	7,69 m
Volume calculado	10,87 m <sup>3</sup>	9,06 m <sup>3</sup>
Volume / st calculado	17,00 st	12,68 st
Incremento st/ha/ano	15,88 st	16,06 st

A produção de carvão obtida com a lenha retirada, após a secagem natural de 90 dias, forneceu cerca de 80 Mdc por hectare.

De acordo com os resultados mensurados, verifica-se que esta metodologia poderá ser facilmente generalizada, dispensando no futuro a amostragem rigorosa, que seria substituída por reconhecimento visual pelo manejador prático.

Após este corte seletivo a área é vedada por 15 anos. A nova regeneração se processa por brotação e semente, cobrindo rapidamente o solo e, em um a dois anos, cobrirá também o fuste das árvores deixadas.

Deve-se notar que o número de árvores inventariadas nos estratos cortados, é superior a 3.500 por hectare, demonstrando estar o povoamento em compressão, aconselhando-se a intervenção.



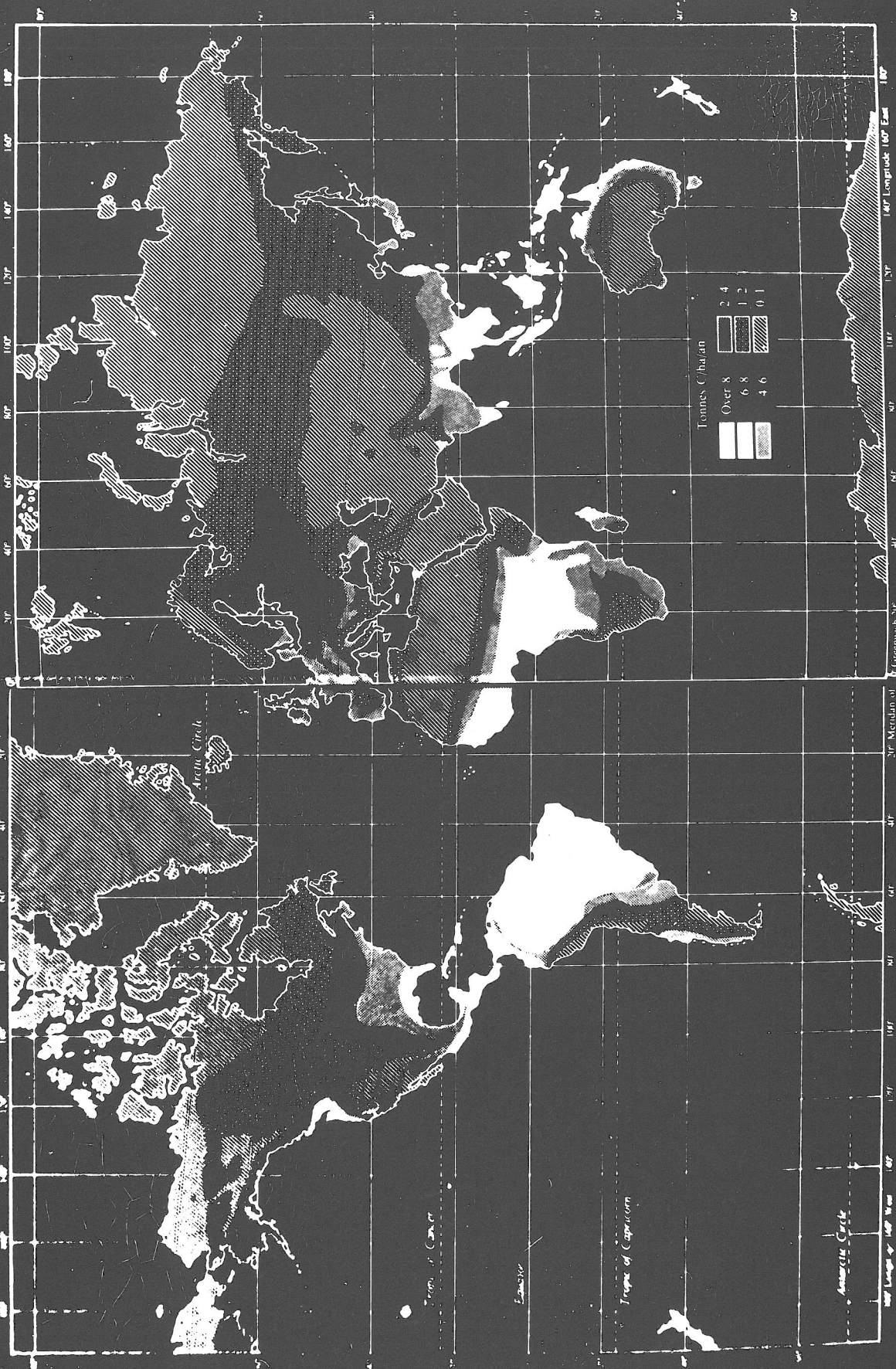


Fig. 4.1. Estimated annual fixation of carbon for land surface. (After Liebh, H. (1972), In *Analysis of temperate forest ecosystems* (ed. Reichle, D.E.). Chapman and Hall, London).

Estimativa da fixação anual de carbono na superfície terrestre. Suprimento potencial da energia renovável a partir das florestas. Ao nível mundial, as perspectivas brasileiras são evidentes.

Esta não só foi benéfica para as árvores que permaneceram, bem como para o usuário, que obteve um volume de carvão praticamente idêntico, se efetuasse o corte raso, o mais usual.

Pode-se perfeitamente esperar que o incremento médio para a região de mata seja de 10 a 15 st/ha/ano, o que fornecerá por corte escalonado entre 15 a 20 anos e quando a área basal média atingir 20 m<sup>2</sup>, cerca de 200 st/ha, que serão convertidas em 80 Mdc.

Nos cortes sucessivos, nos intervalos preconizados, repete-se a mesma metodologia, podendo, todavia, retirar por hectare cerca de 20 m<sup>3</sup> de madeira de serraria, postes ou dormentes, mediante o aproveitamento de parte das árvores deixadas.

Em cada intervenção preserva-se outras árvores, de tal sorte que, no futuro, ter-se-á três planos de idade.

Este método recompõe o potencial produtivo das áreas com formações secundárias, melhora a paisagem, protege as espécies e torna econômica a exploração.

No nosso ponto de vista, este método deveria ser divulgado pelos serviços de extensão e ajudaria a mudar conceitos a respeito da exploração florestal, que ainda se baseiam na não recomposição das áreas exploradas.

Este é um exemplo do que a política florestal pode fazer em benefício do meio ambiente, pois o que mantém a cobertura florestal é sua racional utilização, aproveitamento em função de demandas e, logicamente, da economicidade para os usuários.

## 7.2. Pesquisa Florestal

A pesquisa florestal deverá ser institucionalizada no Brasil, de acordo com o Projeto de Implantação do Centro Nacional de Pesquisa Florestal, recém elaborado por Comissão Técnica designada pela EMBRAPA.

Nele deve-se ressaltar as linhas de pesquisa prevista, que são:

1. Levantamento dos recursos naturais renováveis.
2. Influência das florestas no meio ambiente.
3. Manejo de povoamentos naturais.
4. Proteção florestal.
5. Genética e melhoramento florestal.
6. Sementes florestais.
7. Tecnologia e utilização dos produtos florestais.
8. Formação, condução e regeneração de florestas plantadas.
9. Mecanização florestal.
10. Viabilidade econômica: Zoneamentos para integração na política de desenvolvimento.
11. Integração agro-silvo-pastoril.

Num relato sobre política florestal não se poderia deixar de mencionar a política de pesquisa. Ela é a base do conhecimento e a única capaz de mudar conceitos arraigados. O novo Centro Nacional de Pesquisa Florestal não necessitará partir da estaca zero, pois existem trabalhos no Brasil que deverão sustentar muitas das linhas de pesquisa que a Comissão propôs à EMBRAPA e ao IBDF, os quais estão articulando esforços no sentido de ser implantado o "Programa Nacional de Pesquisa Florestal".

Como integrante da Comissão que redigiu o documento original, podemos afirmar que as linhas de pesquisa preconizadas atendem realmente a todos os aspectos. Darão subsídios para melhor aproveitamento dos recursos naturais em programas especiais e procurarão desenvolver também as florestas plantadas para altos rendimentos.

A política florestal vocacionada para programas especiais, necessitará sem dúvida da rápida implantação destas pesquisas, diretamente pelo novo Órgão da EMBRAPA, como também pelos demais, públicos e privados, interessados nos diversos programas, especialmente o siderúrgico e o de combustíveis líquidos.

## 7.3. Ordenamento

O aproveitamento dos recursos florestais deve estar inserido na política global de uso e ocupação da terra. Não basta que se tenha boa política florestal, de vez que a utilização dependerá de decisões em outras áreas, tais como a econômica e a social.

Sempre que a utilização florestal figurar como alternativa viável para o benefício da comunidade, caberá mensurar e analisar esta possibilidade em função das demais e suas implicações no meio ambiente.

Há que se pensar na proteção do ambiente como um todo e em educar para aproveitar os recursos numa base sustentável, única maneira de perseguir o equilíbrio entre a utilização e a conservação.

Todos os sistemas de intervenção naturalmente modificam o ambiente. A técnica deve traduzir-se em práticas de manejos adequados, que permitam, pelo menos, a melhor proteção do solo e da água, elementos essenciais.

Os grandes princípios em que se fundamentam a política florestal brasileira, conforme estatuídos no Código Florestal, permitem que se estabeleça um bom ordenamento para, inclusive, o aproveitamento da energia fotossintética em programas especiais.

O estabelecimento desses programas dependerá da prioridade que o plano geral do governo lhes conceder.

A conjuntura energética está a indicar a necessidade desta prioridade.

A efetivação do aproveitamento de nossos imensos recursos florestais, potencial e potenciáveis, não dependem apenas da boa prática da política florestal.

O equacionamento de outras medidas, especialmente no desenvolvimento de complexos industriais, tecnologia aplicável e viabilidade econômica são importantes.

Não se pode esquecer também dos aspectos institucionais que informam toda a política de ocupação da terra.

Parece-nos que estamos no momento próprio, para ordenar toda uma gama de assuntos, que possam implementar programas de integração dos recursos florestais no contexto das necessidades energéticas brasileiras. Em síntese pode-se realçar os seguintes pontos:

### 1. Produção de Carvão Vegetal

O potencial florestal brasileiro, especialmente da Amazônia e da região do Cerrado, permitem estabelecer o aproveitamento do material lenhoso para produzir carvão vegetal, sem prejuízo de outras utilizações da madeira.

Somente na Amazônia, com volume madeireiro calculado em 45 bilhões de m<sup>3</sup>, ad-

mite-se que, mesmo intensificado ao máximo o aproveitamento de toras para fins industriais, restariam no campo pelo menos 25 bilhões, que poderiam ser convertidos em 10 bilhões de metros de carvão vegetal. Se considerarmos uma exploração em rotação de 50 anos, poderiam ser produzidos anualmente 200 milhões de metros de carvão vegetal, capazes de oferecer 50 milhões de toneladas de gusa.

A região do cerrado brasileiro, que contribui com o maior contingente de carvão vegetal, tem amplas possibilidades de ser ampliada em área utilizável. Mesmo com incremento médio de 8 a 10 st/ha/ano na regeneração, fornecerá em áreas bem situadas de Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso e Bahia, um potencial da ordem de 30 milhões de Mdc/ano, o que representará em triplicar a atual oferta de carvão desta tipologia, com a vantagem de oferecer ingressos aos proprietários da região, cuja possibilidade de usos alternativos é pequena.

## 2. Florestas Plantadas

O estabelecimento de florestas plantadas integradas a programas especiais é a atual tendência da política brasileira.

Este setor, a nosso ver, está a necessitar de reformulação na aplicação dos incentivos fiscais. Os recursos alocados deveriam prever o prazo de maturação econômica do empreendimento e não apenas a fase de implantação. Além do mais, os projetos deveriam ser analisados como um todo, isto é, programa florestal e industrial, como o efetuado na região da SUDAM e da SUDENE.

Deve-se realçar que, para produção siderúrgica, esta integração é viável e econômica, especialmente quando se trata de siderúrgicas integradas, que deverão dispensar estes recursos a partir da autosuficiência em carvão vegetal.

## 3. Acesso à Terra

Nas grandes áreas florestais brasileiras, ainda não ocupadas, é de todo recomendável que se estabeleçam novos parâmetros para programas florestais industriais. Neste caso, a área florestal seria estabelecida em função do manejo sustentado, que visaria ao aproveitamento total da floresta, tanto em madeira comercial como do material lenhoso secundário.

Calcula-se que, para estabelecer uma produção de 30.000 m<sup>3</sup> anuais de madeira serrada e de 50.000 toneladas de gusa por ano, necessitar-se-á, na Amazônia, região de terra firme, de uma área de 121.000 hectares, com a exploração anual de 2.150 ha, adotado o sistema de manejo sustentado. Logicamente haverá variações de acordo com a real possança da floresta.

## 4. Combustíveis Líquidos

A possibilidade técnica de obtenção do etanol de madeira existe. Caberá verificar a possibilidade de desenvolver complexos industriais em escala, e estudar qual o material lenhoso deva ser usado.

Em outras partes do mundo utilizam-se os desperdícios, exatamente para minimizar os custos e obter preços competitivos, que são, ainda, determinados pelos combustíveis fósseis.

Na Austrália, encontramos indicação de

que, em termos de 1974/75, o etanol da madeira, baseado em plantação de eucaliptos custaria de 2 a 3 vezes do obtido do carvão mineral. A nossa situação é diferente, porém não temos como aferir esta comparação.

A energia fotossintética pode ser aproveitada também através de cultura de outras

plantas, que nas nossas condições, face ao grande índice solarimétrico, oferecem grande produção de biomassa. A cana de açúcar, mandioca e sorgo são soluções imediatas, possuindo tecnologia industrial desenvolvida.

O Brasil está ordenando uma política florestal agressiva e bem estruturada. Precisa,

apenas, pelos novos conhecimentos florestais, ser ampliada, com a mesma agressividade do reflorestamento, para prática de produção sustentada nas extensas áreas florestais naturais.

Assim o fazendo poderá ser o maior país florestal da Terra.

## DEBATES

**MÁRIO A. FAGUNDES** — Damos prosseguimento aos nossos trabalhos. Solicito aos senhores que apresentem suas perguntas por escrito e se possível, com identificação.

**Roberto de Mello Alvarenga**, da Secretaria da Agricultura.

O conferencista defende o Código Florestal vigente, todavia, existem na lei, omissões dentre as quais destacamos:

† — as contravenções — art. 26 — não estão previstas as representadas pelo desrespeito às próprias exposições do código — exemplo do art. 16;

2 — todas as infrações, mesmo as mais simples, estão capituladas como contravenções penais da alçada da Justiça. Inexiste a luta administrativa que é a arma mais eficaz e rápida de corrigir distorções e desrespeito à lei.

O que diz sobre isto o conferencista?

**CARLOS EUGÊNIO THIBAU** — Devo dizer que o Alvarenga é um dos responsáveis pelo novo Código, e está, inclusive, de parabéns, pois o Código é muito bom. Mas, eu não disse que ele era perfeito.

O meu receio é que ele não fez o que eu disse que era bom no Código, que são as quatro políticas. As duas condutas todos sabem que são ótimas.

Quanto às penalidades e aplicação, o problema seria caminhar para o Código Penal. Alguma coisa do Código Florestal está entrando no Código Penal, e deveria ser discutido dentro deste.

A pena pode ser bem ou mal aplicada. Isto não depende de nós, técnicos, depende do juiz que aplica a pena capitulada por nós.

O meu medo é que, a essa altura de grande radicalização ambiental, se entrarmos com o Código neste momento, teremos um Código com uma política só, que é a política atual predominante, por que nós mesmos estamos divulgando e dando ao povo o conhecimento de que, se entrarmos no Amazonas, vamos levantar todo o potencial madeireiro, mas no dia em que tirarmos a última madeira consideraremos aquilo finito.

Então, teremos de dar razão aos outros,

pois, nós não estávamos considerando nas nossas pesquisas, em todos os pontos, os nossos recursos como renováveis.

O Código determina a utilização regional, a preservação, o uso integrado, que é o mais aplicado para a Amazônia, e, também, o uso substituído por floresta plantada que tem as suas regalias dentro do Código.

Quanto a esta parte, acho que o perguntador tem razão. Ele não é perfeito, e quem passou para a Presidência do Instituto Estadual de Florestas sabe dessas imperfeições, mas isto pertence a outras áreas e não à área técnica que defendo como política florestal.

**ROBERTO DE MELLO ALVARENGA** — Solicito um aparte.

**CARLOS EUGÊNIO THIBAU** — Concedido o aparte.

**ROBERTO DE MELLO ALVARENGA** — Essa transferência do problema para o Código Penal corrige, em parte, a deficiência. Entretanto, eu falei na luta administrativa que isto não entrará, evidentemente, no Código Penal, e é uma norma extremamente eficaz para a correção das distorções de uso das nossas florestas.

Outra coisa que é também uma deficiência quase que técnica de redação, é que o Código não capitula como contravenção os desrespeitos aos próprios dispositivos que ele contém. Isto é uma correção indispensável.

Na parte técnica concordo com o senhor Thibau sobre as políticas estabelecidas pelo Código, que são muito razoáveis. Mas, algumas correções tornam-se necessárias no que se caracteriza pela classificação das florestas.

De maneira que, acho que o Código precisa ter retiradas dele as imperfeições que contém. Isto pode ser feito por um conserto parcial ou uma reformulação total.

Acredito que isto é absolutamente indispensável.

**CARLOS EUGÊNIO THIBAU** — Os consertos podem ser feitos nas normas, portarias. O IBDF, hoje, tem poder muito grande e pode, face aos conhecimentos que lhe forem colocados à disposição, regularmentar toda essa parte técnica.

Quanto à outra parte não posso dizer nada, porque é parte de publicação de Código Penal. E talvez seja o único caminho.

**MÁRIO A. FAGUNDES** — Como adendo ao que está sendo discutido, também notei, e o senhor conferencista vai me desculpar, certo entusiasmo quanto ao código vigente.

Eu que conheço pessoalmente seu trabalho, e acho um trabalho fabuloso, fiquei assustado com o seu posicionamento, uma vez que o art. 19, se não me falha a memória, permite a substituição de florestas heterogêneas por homogêneas. Isto vem exatamente de encontro ao seu trabalho feito de produção sustentada.

Temos de nos preocupar com o problema de banco genético, florestal e de fauna, o trabalho deve ser o que está sendo desenvolvido em Minas — trabalho de produção sustentada, mas nunca de substituição.

Esse é o pior ponto dentro do Código Florestal atual, e deve ser mudado.

A substituição das florestas heterogêneas por homogêneas, visando maior produtividade, não é a melhor solução. A produtividade através da floresta pode vir de outra maneira e não em detrimento da nativa.

**CARLOS EUGÊNIO THIBAU** — Estou de acordo com isto. Mas, o que acontece é que, em termos gerais, para se atingir 2% da área do Brasil, vamos precisar de tal ordem florestal para plantio que pode atingir áreas muito específicas e valorizadas; mas o que é necessário é que o poder fiscalizador do IBDF, quando reserva os 20, que baixou para 10 no caso de reflorestamento, reserve a melhor parcela para o banco genético.

Se não abriremos campo para o reflorestamento nos lugares próprios, nós mesmos estaremos encarecendo os nossos produtos. As duas coisas não são contraditórias. O que não é possível é tirar a Amazônia toda e pretender substituí-la.

**MÁRIO A. FAGUNDES** — Pergunta do senhor **Carlito Caldeira**:

1 — relação, lenha seca, carvão — st/m<sup>3</sup> — obtemos hoje 1,7.



2 — ensaios em um novo modelo de forno de alvenaria já nos dão valores inferiores a 1,5.

**CARLOS EUGÊNIO THIBAU** — Isto é extraordinário; eu falei que isto está acontecendo, realmente. No tempo da queima, era de 10 st/l e agora, com 1,7 e 1,5, chegamos praticamente ao ponto teórico, isto é, ao ponto de utilizar todo o carbono dentro da madeira. Isto é importantíssimo.

**MÁRIO A. FAGUNDES** — Pergunta dirigida pelo Sr. Ismar Ramos:

Mencionando o conferencista algumas produções de eucalipto em cerradinho, cerradão etc., dando os algarismos de 15 para cerradinho e 60 para cerradão, gostaria de ser esclarecido sobre a unidade de produção em sua área.

**CARLOS EUGÊNIO THIBAU** — Parece-me que houve um engano. Eu não falei em produção de eucalipto nessas áreas. Disse que os povoamentos naturais na área de carvoejamento, produzem desde 15 metros de carvão por hectare no cerradinho, passando por uma média de 30 metros no cerrado, 60 metros no cerradão, chegando a 80 metros no capoeirão secundário.

Não apontei produção de eucalipto. Se dei a entender isto, foi ótima a pergunta.

**MÁRIO A. FAGUNDES** — Pergunta do senhor Antonio Flores, da S.A. White Martins:

1. Como V. Sa. vê a eliminação da possibilidade de execução, pela pessoa jurídica, de projetos de reflorestamentos através da lei 5.106?

2. Qual a espécie de eucalipto mais indicada para carvão?

**CARLOS EUGÊNIO THIBAU** — Quanto à primeira pergunta, não estou bem a par. Mas, acho que a 5.106 é a que mais se aproximava do Código Florestal na aplicação dos recursos do imposto de renda.

Houve essa modificação. Isto é um poder político. O Governo está querendo controlar e dar fluxo a sua política.

Quanto à segunda parte, o mais importante, como já dissemos, é que quanto mais densa a madeira, melhor o carvão. E o de que estamos precisando aqui também é de máxima produção por hectare. Isto é mais importante que a densidade. E o que está acontecendo é que todos esses eucaliptos que produzem mais de 20 st/hectare-ano estão muito bem posicionados para carvão.

Os nossos metalurgistas sabem trabalhar com esse carvão.

Em outros países há muita preocupação com a qualidade do carvão. Aqui, compra-se carvão de todo lugar, prepara-se esse carvão e desenvolve-se a maior siderurgia carvão-vegetal.

Logicamente, no futuro, teremos toda essa sofisticação, mas para a siderurgia ainda

não é esse o trabalho mais importante, apesar de todos procurarem maior densidade, maior resistência etc.

Vimos nas ventoinhas com esse desenvolvimento extraordinário da siderurgia a carvão vegetal de 1973 para cá, quando foi liberado o carvão, porque, até então, ninguém fazia nenhuma melhoria tecnológica, porque se ficava só esperando ser proibido o carvão vegetal, que era de uso menos nobre da madeira — até eu brinco muito, porque não sei o que é mais nobre, se é papel, polpa para determinado tipo de papel higiênico, ou se é carvão para aço. Essa questão de nobreza é uma coisa muito difícil de se pensar. O importante é o máximo aproveitamento, melhor situação, e as necessidades das metas nacionais. São os mais importantes. Está se conseguindo mudar esse conceito. É preciso que esse conceito seja mudado, porque, do meu ponto de vista, ainda o melhor aproveitamento, nas condições brasileiras, é exatamente a carvão vegetal, onde podemos deixar de ficar dependentes de uma importação de aço, ou de uma importação de coque no setor, que está mais a nossa mão agora, que é o carvão vegetal, siderurgia.

**MÁRIO A. FAGUNDES** — A pergunta seguinte nos vem de Roberto de Mello Alvarenga:

O manejo sustentado para carvão não é terminologia sofisticada para justificar o corte errante das nossas formações nativas?

Se esse dispositivo tem algum sentido para a região do cerrado de Minas Gerais — 18 milhões de ha — não é um agente de deterioração para as matas dos outros três Estados, São Paulo, Rio de Janeiro e Espírito Santo, arrolados, para o mesmo método na Portaria CD-10?

**CARLOS E. THIBAU** — Observem o seguinte: há produção sustentada. O cerrado que nem era considerado manifestação florestal; apresenta regeneração tão boa que o próprio Serviço de Foto-Interpretação mudou. Mudou uma situação num determinado município de Minas Gerais, porque a formação era tão reta, tão boa, como mostrei, indicando até ser uma sucessora de mata.

É este o problema: muita gente pensa que explorar floresta é destruir floresta. Não penso assim. Acho que toda floresta nasce, cresce, entra em clímax, entra em degenerescência, morre em pé, vem uma sucessão de cipó, fica esperando um raio para queimar aquilo tudo e dispara novamente a sucessão.

Temos que estudar manejos capazes. Se são 50 anos para a Amazônia, se são 100, se são 10 para o cerrado, não discuto!

Acho que o Brasil precisa, na situação atual, se conscientizar de que ele tem o maior recurso renovável da terra, aqui dentro. É necessário manejar isso.

O Código não deixou cortar tudo. Mantive, por enquanto, 20% num lugar, 50% noutro, na expectativa de que o nosso desen-

volvimento tecnológico chegue ao ponto de exploração racional.

**MÁRIO A. FAGUNDES** — A pergunta seguinte é formulada pelo Sr. Ronaldo Alvim:

Conforme demonstrou o conferencista, 5% da biomassa explorável das florestas são constituídas de minerais do solo. Isto quer dizer que, para uma produção de 20 toneladas por ha/ano de madeira, será preciso repor ao solo pelo menos uma tonelada de fertilizante anualmente. Um simples cálculo aritmético, deveria mostrar que as florestas não são, portanto, um recurso natural renovável, se considerarmos um período de 200 anos, quando deverão se esgotar as reservas brasileiras de fosfatos. Não seria mais vantajoso reservar nosso fosfato para a produção de alimento?

**CARLOS E. THIBAU** — É lógico que, quando prego o manejo da floresta sustentada, não estou adubando com fosfato. As florestas de eucalipto, ou de pinus, precisam de fosfato. Acho que está é uma prioridade que cada um deve dar, não resta a menor dúvida, mas não se esqueçam de que talvez, no futuro, o alimento venha da celulose da biomassa da floresta. Essa é uma outra opção do futuro. Acho que a pergunta está muito bem posta. Tem muita razão. São opções que podem tomar em cada caso.

**MÁRIO A. FAGUNDES** — Pergunta formulada pelo Sr. Ismar Ramos, da Pinusplan Reflorestamento Ltda.:

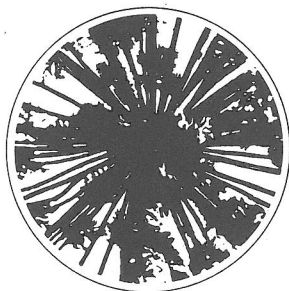
Qual a produção ou incremento de eucalipto plantado, a ser explorado para carvão: a) em terras de campo; b) em terras de cerrado e c) em cerradão?

**CARLOS E. THIBAU** — Essa pergunta dá chance de se dar notícia de um projeto do PRODEPEC, que é a produção de eucalipto de reflorestamento nas diversas tipologias do cerrado. Todo mundo considera, de modo geral, cerrado como uma coisa só. E temos trabalhos, já fizemos isso quando estávamos no Instituto Estadual de Floresta, com todos os consumidores, fizemos aquela classificação que hoje é considerada lá.

Então, no cerrado-cerradão, cerrado-cerradinho, são tipológicas para terceiros. Como isto é um clímax, então toda correlação feita entre incremento de eucalipto está em função do próprio solo. Temos levantamos disto em vários lugares — está numa publicação do PRODEPEC. Temos desde 3 esteres por ha/ano para a mesma espécie de eucalipto, a mesma adubação, passando por 15 e chegando a 40, exatamente na área de campo, geralmente lito-solos, muito rasos, passando por cerrado amarelo e chegando ao lato-solo vermelho escuro. Este é importantíssimo. Na realidade, não se recomenda que entre no cerrado a oito, porque esses 3 esteres por ha/ano vão ser antieconômicos, principalmente nos custos atuais. E muitas empresas, depois desta pesquisa, estão fazendo, agora, esse levantamento.



# Seminário



## **FLORESTA** **potencial energético brasileiro**

**QUARTA SESSÃO**, realizada às 10h30  
do dia 9/8/77, no Estúdio G do Palá-  
cio das Convenções, Parque Anhembi  
— SP.

### **PRINCIPAIS PROGRAMAS DE BIOMASSA-MADEIRA NOS ESTADOS UNIDOS**

#### **MESA DIRETORA**

##### **PRESIDENTE**

— **LAERTE SETÚBAL FILHO**  
Presidente da Comissão  
Organizadora do Seminário

##### **MODERADOR**

— **HAROLDO MATTOS DE LEMOS**  
FEEMA — RJ

##### **CONFERENCISTA**

— **GEORGE C. SZEGO (EUA)**  
Intertechnology / Solar Corp.  
Virginia

# PRINCIPAIS PROGRAMAS DE BIOMASSA-MADEIRA EUA

George C. Szego

## Sumário Summary

Afirmção de que o Brasil dispõe de quatro fatores fundamentais para a produção de energia não-convencional: o clima, grandes extensões de terras agricultáveis, potencial hídrico, não apenas do ponto de vista hidroelétrica, e a credibilidade técnico-política.

Consideração de que graças aos fatores climáticos, o território brasileiro tem uma disponibilidade anual de energia solar equivalente a 50 quintilhões de BTU, ou seja, praticamente cinco vezes a reserva de petróleo conhecida em todo o mundo, situando-se portanto o desafio, na forma do aproveitamento racional para este enorme potencial.

Cotejo das vantagens e desvantagens da produção de energia através da biomassa, sob a forma de "plantações energéticas", com outras fontes convencionais, como a hidroelétrica e a fóssil (carvão mineral, petróleo, nuclear) levando à conclusão de que a primeira se destaca, por ser renovável, independente das manipulações do mercado externo e principalmente por não causar danos irreparáveis ao ambiente.

Descrição das programações e respectivos modelos teóricos existentes nos Estados Unidos que permitem indicar as melhores alternativas para o estabelecimento de "plantações energéticas" econômicas, em função de todas as variáveis envolvidas, tais como, características locais, espécies vegetais empregadas, exigências climáticas e edáficas, manejos adotados, entre outras.

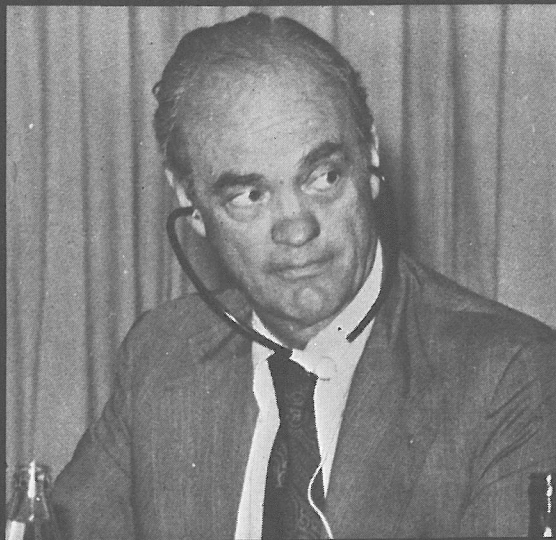
### Biomass Main Programs — Wood in the United States

Statement that Brazil holds four fundamental factors to nonconventional energy production: its climate, great extensions of arable lands, hydric potential not only on hydro-electric view, and the technical-policy credibility.

Considerations that thanks to its climate agents, the Brazilian territory has an annual solar energy disponibility equivalent to 50 quintillion BTU's, that is, practically five times the oil reserve known in the whole world, thus placing the challenge on a national utilization of this major potential form.

Comparison of the advantages and disadvantage of the production of energy from biomass, on the "energy plantation" form, with other conventional sources such as hydro-electric and fossil sources (mineral coal, petroleum, nuclear energy), coming to the conclusion that the former is distinguished for being renewable, independent of external market handlings, and especially for not occasioning irreparable environmental damages.

Description of programs and respective theory standards existent in the United States, which permit to indicate the best alternatives to the settlement of economic "energy cultures", in function of all the variables involved, such as local characteristics, vegetal species used, climatic and edaphologic demands, handlings adopted, among others.



George C. Szego é presidente da Inter Technology-Solar Corp., desde 1970. Nos últimos 30 anos, suas atividades se desenvolveram nos diversos campos da Engenharia Química, com ênfase em energia: sua obtenção e economicidade e conversões das diversas formas de energia, inclusive a energia elétrica. Seus trabalhos mais recentes versam sobre: energia solar, em estudos globais ou aplicados em casas e unidades escolares; estudos do problema energético nacional dos EUA e estudos de conservação da energia para a Agência Federal da Proteção do Meio Ambiente. É registrado como professor de engenharia nos Estados de Ohio, Virgínia, Colorado, Connecticut, Illinois, Massachussets, Minesota, North Dakota, Maryland, Pensilvânia, Califórnia, Texas, West Virgínia, Flórida, Arizona, Havaí e District of Columbia. A variedade de assuntos com que ele tem lidado vai desde a energia solar até válvulas para o controle artificial do coração, passando por células de combustíveis. É também membro da comissão do Laboratório Orbital Manejado.

# PRINCIPAIS PROGRAMAS DE BIOMASSA-MADEIRA EUA

George C. Szego

É minha intenção afastar-me substancialmente da maneira normal de apresentação de temas e trabalhos em seminários técnicos e científicos. Gostaria que esta sessão fosse realizada da maneira mais informal possível.

Gostaria, em particular, de abordar os aspectos econômicos envolvidos nas várias iniciativas relativas à economia energética brasileira.

Tive a oportunidade de examinar um estudo realizado pelo Ministério de Minas e Energia, sobre a energia no Brasil, e pude observar que este país apresenta ótimas possibilidades quanto à utilização de biomassa para geração de energia.

De certa forma, o mundo inteiro, em termos gerais, e o Brasil em particular, encontra-se frente a uma encruzilhada. Tenho a impressão de que este é um fato que não se repetirá, e de que esta é uma oportunidade única para decidirmos. As decisões que forem tomadas nos próximos dez anos irão determinar o futuro do mundo. Caberá a cada

país do mundo, tomar plena consciência do fato.

Gostaria de salientar que no decorrer dos próximos 25 anos, o mundo consumirá uma quantidade de energia igual à que consumiu durante todos os 5 mil anos de sua existência. Houve um crescimento galopante. As modificações que ocorreram exigem um reexame de nossos costumes, das políticas indecisas e irracionais.

Na verdade, acho que tenho o direito de falar-lhes sobre desperdício de energia, pois venho do país que mais desperdiça energia. Vivemos numa sociedade de consumo, na qual é hábito usar e jogar fora, e não conseguimos acabar com esse desperdício. Acho que os senhores conhecem algo sobre o programa de conquistas espaciais, por meio do qual queremos verificar a existência ou não, de vida inteligente em outros planetas, como Marte, Vênus, etc.

A pergunta crucial, no momento, é: será que há vida inteligente na Terra?

Tenho motivos para crer que a resposta

seria negativa, se fôssemos efetivamente sinceros. Creio, porém, que a resposta não seria tão retumbante aqui, quanto em muitos outros países, especialmente nos Estados Unidos. É apenas uma questão de tempo.

Para iniciar nossa conversa sobre produtos não renováveis, gostaria de citar que ainda nos restam 10 BTU<sup>18</sup>, ou sejam, 11 quintilhões de BTU's de petróleo; por coincidência, dispomos de 11 quintilhões de BTU's de gás natural, e cerca de 100 de carvão. Não é tão importante nos preocuparmos com os recursos que ainda nos restam, mas sim com o tempo que levaremos para consumir a metade desses recursos. No caso do gás natural, levaremos 8 anos para consumir a metade das reservas que temos hoje; já com o petróleo, daqui 20 anos teremos gasto a metade dos recursos disponíveis, enquanto que para o carvão, dispomos de 30 a 75 anos para que nossas reservas caiam para a metade.

Talvez o gás natural não seja de muito interesse para o Brasil, já que este não pos-

FIGURA I — LISTA REPRESENTATIVA DE ESPÉCIES FOLHOSAS COM PERSPECTIVAS PROMISSORAS PARA PLANTACÕES EXTENSIVAS

Estado	Populus híbridos		Outras espécies												
	NE 388, 49 & 252	Others	Aspen & Hybrids	Black Cottonwood	Red Alder	Sycamore	Pin Cherry	Plains Cottonwood	Eastern Cottonwood	Silver Maple	European Black Alder	Green Ash	Sweetgum	Eucalyptus	
New Hampshire			X				X								
Wisconsin		X	X												
Minnesota			X												
North Dakota								X							
Washington		X		X	X										
Pennsylvania	X	X													
Ohio											X				
Indiana									X						
Illinois									X		X				
Nebraska									X						
Kansas								X	X	X					
Georgia						X						X	X	X	
Alabama								X		X			X		
Mississippi						X									
Louisiana									X						
Texas									X						
Florida														X	

sua quantidade significativa desse gás. O petróleo, porém, é muito importante. Considere um crime técnico, o fato de que no Brasil se fabriquem aparelhos de ar condicionado e aquecedores de água que utilizem petróleo como combustível. É inadmissível o uso, como fonte de energia para equipamentos estacionários, de algo tão essencial para o transporte.

Atualmente, o Brasil utiliza cerca de 10 a 12% de seu potencial hidroelétrico. Estou certo de que esse potencial será explorado, de acordo com o capital disponível e com a localização das linhas de transmissão. Não creio, porém, que o Brasil esteja encarando muito seriamente o aproveitamento desse seu potencial hidroelétrico. Uma das maneiras mais caras de transportar energia, é através da eletricidade. O transporte de eletricidade custa cerca de 0,70 centavos de dólar/milhão de BTU's, utilizando uma linha normal de transmissão a distância, para uma distância relativamente curta de, digamos, 100 quilômetros.

Parece-me que para o Brasil, seria interessante considerar a geração de hidrogênio no local de obtenção de água, e transportá-lo através de tubos, ou então combiná-lo com a biomassa, para produção de gás sintético, metano, ou amônia.

O Brasil possui também abundantes recursos solares, apresentando uma disponibilidade anual de 50 quintilhões de BTU's em seu território, ou seja, cinco vezes a reserva de petróleo conhecida do mundo inteiro, que coloca o desafio sob a forma de uma utilização racional deste importante potencial.

Se os senhores estão preocupados com a meia vida do Sol, devo dizer-lhes que essa meia vida é da ordem de 3,5 bilhões de anos. Desta forma podemos encarar o Sol, do ponto de vista da humanidade, como sendo essencialmente infinito.

A questão, naturalmente, é saber aproveitar economicamente toda essa energia solar, que apresenta características complexas: a intermitência varia durante o dia, dependendo das diferentes condições atmosféricas, tais como cobertura de nuvens, entre uma estação e outra, o que torna necessário considerações de engenharia para a utilização real dessa energia.

Como já foi dito, o Brasil dispõe de quatro importantes recursos renováveis: o primeiro deles é seu clima. A temperatura é favorável, e a precipitação pluviométrica é adequada em quase todas as localidades. A América Latina, em geral, é bastante árida, principalmente em sua região sul. Entretanto, o Brasil possui clima e precipitação pluviométrica excelentes.

Em segundo lugar, estão os recursos do solo. A área cultivável do Brasil é maior que a de toda a Europa, como os senhores sabem.

Em terceiro lugar, este país possui um enorme potencial, seus rios, não somente do ponto de vista hidroelétrico, mas também de um outro modo que descreverei mais adiante.

Em quarto lugar, está o fator credibilidade.

Nos Estados Unidos a combustão de biomassa não merece credibilidade porque sua utilização lembra a época dos pioneiros, de nossos avós, que dependiam inteiramente da biomassa.

O Brasil ainda depende de diferentes tipos de biomassa, tais como madeira, carvão vegetal, e bagaço, para suprir 28% de suas necessidades energéticas.

Naturalmente o Brasil depende muito também — não tanto quanto outros países,

mas bastante — do problema da inflação, que consideramos não totalmente causada, mas muito agravada pelo aumento do preço do petróleo, desde 1973. Felizmente sua inflação não se assemelha à da Argentina, que é de 1% ao dia. A do Brasil é de 30% ao ano. Quem pode dizer a que nível ela poderia cair, se o preço do petróleo voltasse ao que era em 1973?

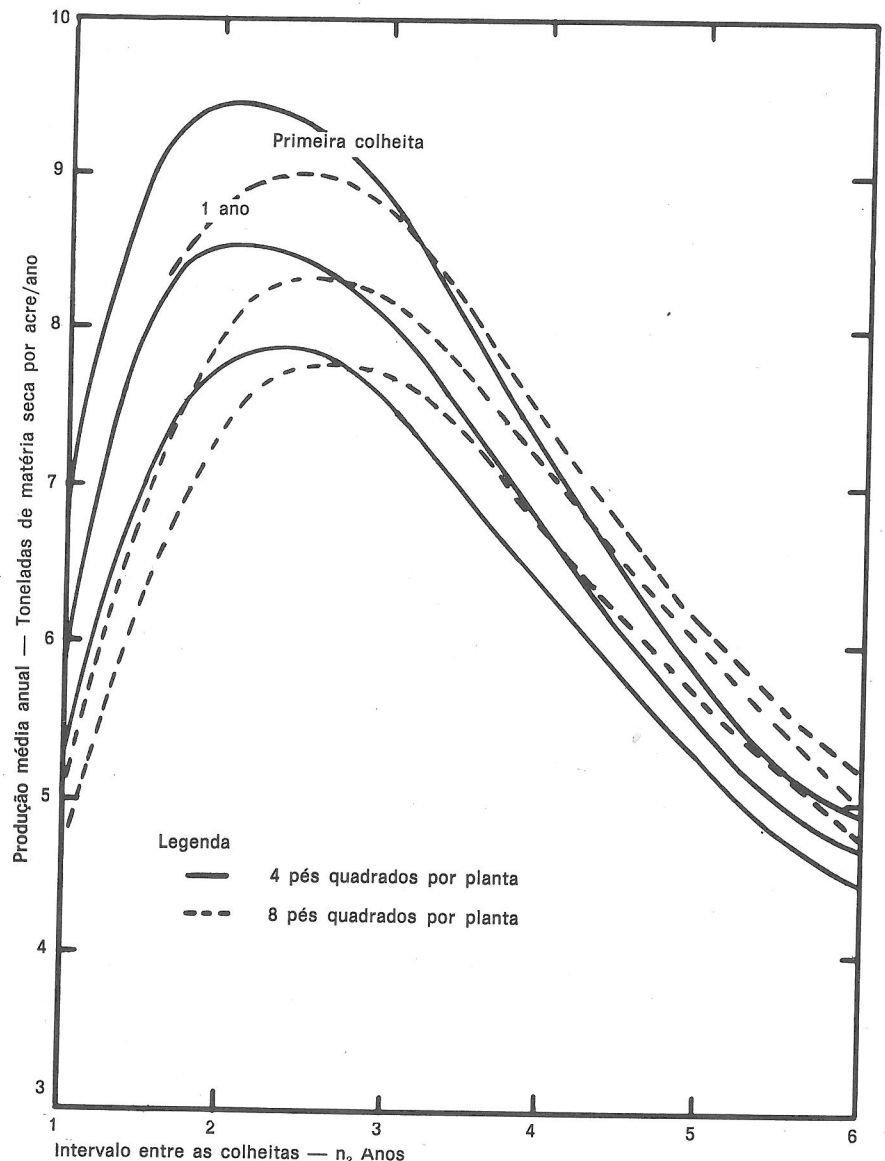
O Brasil, hoje, parece estar atravessando o momento propício para que seus cientistas e engenheiros trabalhem para que os brasileiros possam usufruir dos benefícios da energia, e não do capital energético. Atualmente o Brasil importa o petróleo equivalente a 80% de seu capital energético.

Se vocês, brasileiros, querem diminuir sua importação de energia, confiando nos produtos madeireiros, deve haver credibilidade. Realmente, uma das maiores armas desse programa de desenvolvimento é a biomassa como fonte de energia.

Um fato que considero muito importante, é o melhor aproveitamento possível de um recurso. O recurso renovável geralmente é escolhido por seu lucro sobre o investimento efetuado, pelo preço por unidade de energia, ou pelo calor de combustão do combustível, em comparação com outras alternativas. Devo deixar claro, também, que existem muitas espécies de "cruzeiro": há aquele que é gasto exclusivamente no Brasil, ou seja, o cruzeiro interno, e o cruzeiro de câmbio. Portanto, se a energia a partir de biomassa for gerada pelo mesmo preço que a partir do petróleo, seria mais interessante utilizar-se a biomassa, pois parte do problema inflacionário se deve ao fluxo de moeda sonante e ao equilíbrio do saldo de câmbio externo.

Existe uma grande diferença entre 100 cruzeiros para 1 milhão de kg/caloria a partir da biomassa, e 100 cruzeiros que seriam trocados por moeda estrangeira, em câmbio externo, para criar na Arábia, na Venezuela,

FIGURA II  
Cálculo Médio Anual das Produções do Alamo Híbrido NE-388, Cultivado em Musser Farm, Central Pennsylvania





ou em qualquer outro país, 1 milhão de kg/caloria a partir do petróleo.

Creio que posso resumir esta conferência em quatro declarações básicas, antecipando-me aos oradores que ainda serão ouvidos, e repetindo talvez aqueles que já falaram:

1. Levando-se em consideração as plantações de energia, a biomassa para fins de combustão produz 150 milhões de BTU/ha, o que corresponde a 90 kg/cal por ha/ano. Isso difere bastante da biomassa descoberta por acaso. Esses 150 milhões de BTU/ha, ou 90 kg/cal/ha/ano, custariam cerca de 20 cruzeiros por milhão de BTU, ou 80 cruzeiros por milhão de kg/cal, ou cerca de 116 cruzeiros para o equivalente a um galão de petróleo não refinado e não distribuído, que custa US\$14,50. Mas esses não são "cruzeiros". Um barril de petróleo custa 25 cruzeiros.

2. Se os senhores escolherem um outro material que não seja o cavaco de madeira encontrado no estado natural, para a produção de carburantes como o metanol ou o etanol, o rendimento será de 40 a 50%. Mas esse pequeno rendimento precisa ser pago, e o custo dobraria. Porém o custo não será dobrado, porque essa inversão custa dinheiro. Então, o rendimento é sacrificado por essa despesa suplementar com o custo operacional. Isso significa que o rendimento é dobrado, e o custo triplicado. Em vez de 10 cents por milhão de BTU, seriam US\$3,50 por milhão de BTU, no caso de se adotar o metanol.

3. Se a terra for arrendada, o custo da energia a partir da biomassa será de menos de 500 dólares — cerca de Cr\$ 8.000,00 — por kw elétrico. Em comparação, em uma central nuclear, o kw custa hoje 1.200 dólares. Em uma fábrica de combustível fóssil, o preço do kw é de cerca de 800 dólares.

4. O combustível a partir da biomassa apresenta as seguintes características: é renovável, ao contrário dos combustíveis de origem nuclear ou fóssil; não pode ser embargado, não depende de câmbio externo, e seu preço não é arbitrário, como no caso da OPEP; além disso é limpo, isto é, completamente neutro. Os combustíveis de biomassa contêm muito pouco enxôfre, o que ajuda a eliminar os problemas de poluição. A combustão desses combustíveis não modifica o equilíbrio térmico ou de bióxido de carbono na Terra, como acontece com a combustão dos combustíveis fósseis.

Em seguida, eu gostaria de focalizar o aspecto lucrativo do processo. Sob meu ponto de vista, a biomassa pode realmente oferecer amplas possibilidades como combustível, num país como o Brasil.

Então, eu pergunto novamente: Será que existe vida inteligente na Terra? Será que há vida inteligente no Brasil? Gostaria de saber a opinião dos senhores. A nossa empresa, a Intertechnology Solar Corp., debate-se pela adoção de recursos renováveis.

Lamento que a quantidade de elementos disponíveis aqui não seja suficiente para poder demonstrar completamente o que pretendo. Mas gostaria de informar que se os senhores tiverem perguntas, ou se desejarem receber folhetos, ou de corresponder-se conosco, terei grande interesse em servi-los. Somos uma firma de consultoria, e damos muita importância ao aspecto dos recursos renováveis, sendo que a biomassa representa uma das várias formas de recursos existentes.

Talvez estejamos realizando o maior trabalho de todas as organizações norte-americanas. Publicamos cerca de 37 relatórios

bastante completos, realizamos vários estudos para o governo americano e para a Associação Americana de Gás, com relação à produção de gás sintético a partir da biomassa — a produção de gás poderia ser aumentada de 40 a 50% com a utilização de aproximadamente 21 trilhões de pés cúbicos de biomassa por ano, usando-se terras que não são aproveitadas para outros fins.

A autonomia de todo país industrializado exige energia, e desde o começo do século XVIII a energia vem sendo consumida como se fosse barata, e de fácil obtenção. Isso não devia estar acontecendo. Se o problema não for solucionado, devemos arcar com as consequências, que serão bem trágicas.

Mas, repito, será que há vida inteligente na Terra?

Temos um relatório que acabamos de realizar para o governo americano. É um estudo feito pelo Dr. W. J. Oswald e outros, na Universidade da Califórnia de Berkeley, para de-

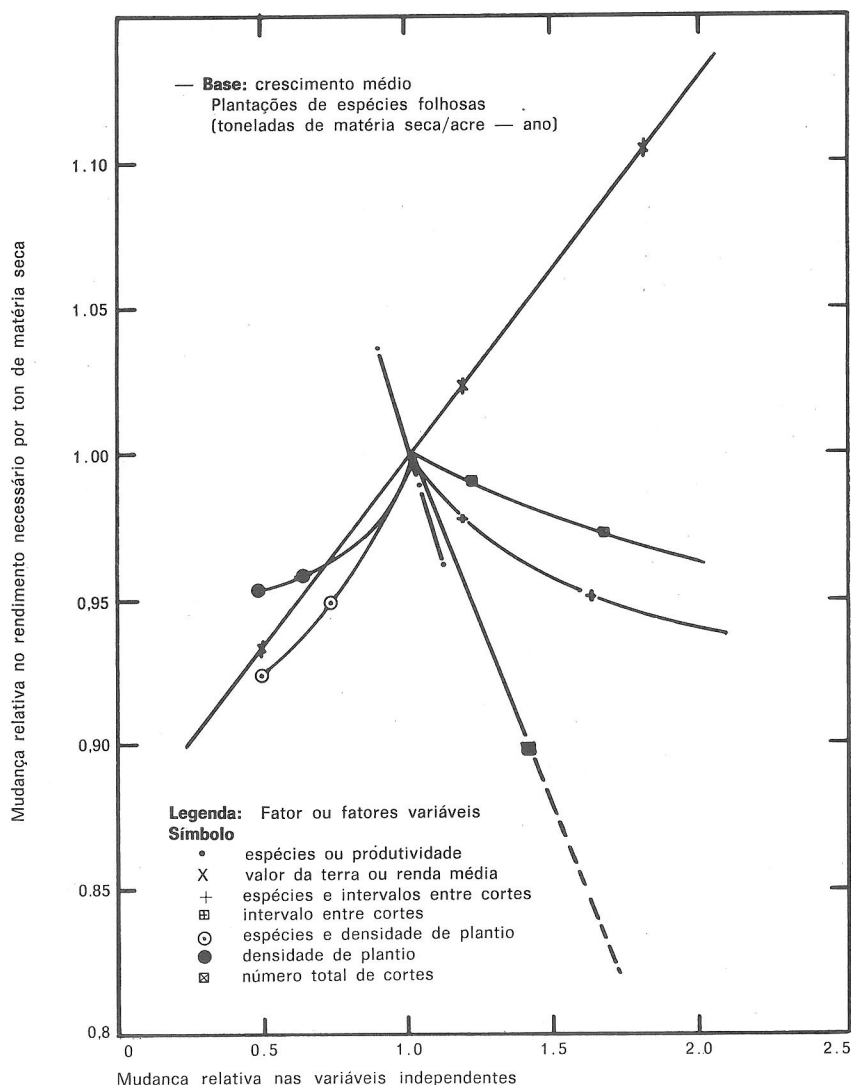
envolver o conceito do tanque de algas, utilizando os esgotos das grandes cidades para produzir energia. As algas acelerariam a fermentação pela digestão anaeróbica.

O estudo faz uma demonstração do conceito de "plantação energética". Não é a mesma coisa que o cultivo de madeira, mas estamos considerando o valor combustível, selecionando a espécie a ser cultivada, o solo, a localização, o clima, e os raios solares. Estamos diante da cultura/energia, digamos. Para cada lugar a escolha será diferente, de acordo com essas condições. É preciso conseguir o custo mínimo para a energia. O solo utilizado é aquele que não pode ser usado para nenhuma outra finalidade. Pode-se até utilizar as encostas mais íngremes, já que não será preciso arar.

A produção de energia é superior à produção de carvão vegetal, e é renovável. É competitiva com a produção de gás natural, nos Estados Unidos.

FIGURA III

Efeito Genérico de Variações dos Fatores sob Controle do Manejo da Plantação no Rendimento Necessário para Produção de Matéria-Prima



Por que não utilizar reservas naturais? Temos que considerar o aspecto do plantio de árvores perenes. A análise qualitativa indica que as espécies perenes devem ter preferência sobre as de plantio anual, por várias razões. Entre essas razões estão os problemas relacionados ao plantio, colheita e armazenagem das espécies anuais.

Os dados qualitativos e quantitativos da taxa de crescimento das plantas indicam que as espécies folhosas são preferíveis às coníferas, pois geralmente crescem mais rapidamente.

Algumas espécies que crescem depressa, podem ser reproduzidas por meio de estacas cortadas da própria planta. O método de reprodução vegetativa por meio de estacas apresenta muitas vantagens sobre a reprodução por sementes. Em primeiro lugar, é muito mais fácil e mais barato obtermos estacas das árvores, do que sementes. Consegue-se também uma reprodução geneticamente idêntica, o que talvez não aconteça com o uso das sementes. Torna-se praticamente desnecessário o preparo do solo. O transplante tampouco será preciso, e a taxa de crescimento será mais elevada. Há também uma enorme economia de mão-de-obra, naturalmente.

Para climas como o dos Estados Unidos, entre as espécies folhosas que mais se prestam estão os álamos, os plátanos e outras, conforme pode ser observado na figura 1.

No caso do Brasil, há a necessidade de um estudo feito por um botânico especializado nas condições específicas deste País.

O rendimento será função da densidade do plantio, da idade da primeira colheita, do intervalo entre as colheitas, das espécies utilizadas, do clima, do solo, e das práticas agrícolas.

Tivemos ocasião de desenvolver um trabalho bastante complexo sobre previsão de crescimento para todas as plantas usadas na silvicultura. A partir desse trabalho, elaboramos um modelo de previsão de crescimento por meio de computador. A figura 11 mostra o tipo de análise que pode ser feito com o modelo de previsão de crescimento. As curvas de produção apresentadas nessa figura foram calculadas para um determinado álamo híbrido em um local da Pensilvânia. A produção realmente obtida variou muito pouco, em relação às curvas apresentadas pelo modelo, cerca de 9%, o que me parece excelente como ponto de partida. É bem mais fácil fazer-se uma previsão com certa base de certeza, do que fazer-se experiências. É por isso que as estatísticas se tornaram tão importantes.

Um certo número de combinações espécie/local foi examinado com o modelo, e em geral o máximo rendimento anual por acre, que varia de acordo com a combinação, foi obtido com uma densidade de aproximadamente 4.000 a 11.000 plantas por acre (4 a 12 pés cúbicos por muda), que devem ser multiplicadas por 2,5 para calcular o hectare; se o primeiro corte for feito quando a planta tiver um, ou de preferência dois anos, com cortes subsequentes a intervalos de 2 a 4 anos, se o cultivo for adequado e a adubação correta, o rendimento máximo previsto é de 7 a 11 toneladas de material seco por acre/ano, para as espécies existentes. Creio que os senhores sabem que o rendimento do milho, hoje, é bem maior que aquele do milho cultivado pelos incas e pelos astecas, e por outros povos cuja alimentação se baseava nesse cereal. Atualmente esse rendimento

FIGURA IV  
Efeito da Produtividade e Densidade de Plantio e Esquema de Corte na Renda Requerida para Material de Plantas Folhosas

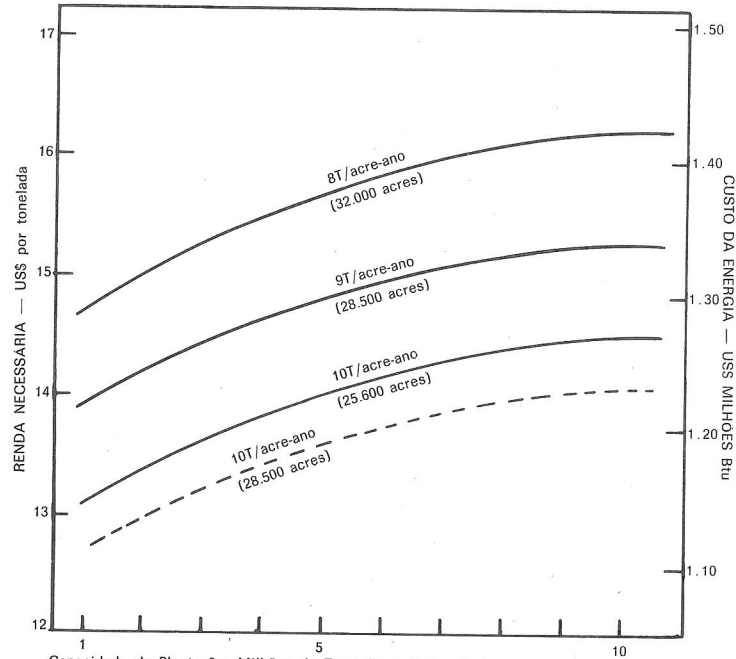
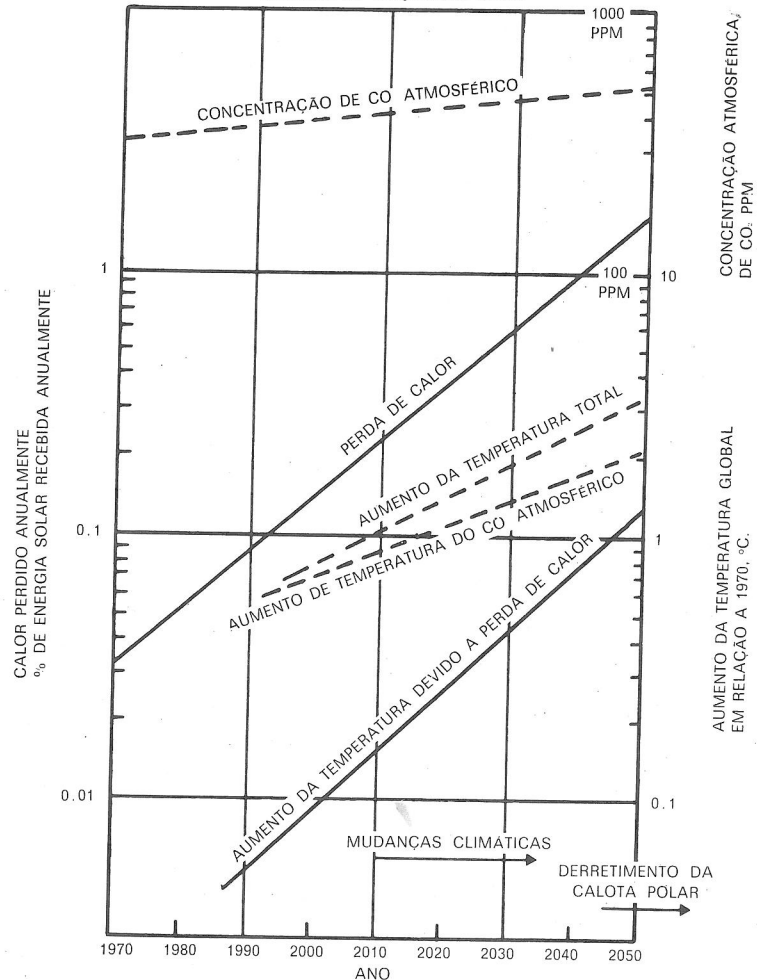


FIGURA V  
Projeção da Perda de Geração de Calor, Concentração de CO<sub>2</sub> Atmosférico e Mudanças da Temperatura Global



é bem maior devido à hibridação, etc. Podemos procurar um rendimento semelhante no cultivo da madeira, com vistas à produção de energia. A figura III mostra a renda necessária para a produção de material em função de variáveis que afetam o manejo da plantação.

Com relação ao rendimento, podemos observar a influência exercida pela densidade através da figura IV. Existem duas características importantes na forma das curvas da figura. Em primeiro lugar, verificamos que os dados são fornecidos em BTU's e não em toneladas por acre. Isso indica que estamos mais interessados nos custos, que no rendimento.

Em segundo lugar, haverá uma brusca mudança quando houver modificação de espécie ou de clima.

Aconselho, também, a utilização, quando possível, em áreas de cerrado, muito abundantes no Brasil, de áreas de campo limpo, com esses capins perenes característicos de lugares quentes, pois eles são muito úteis. É importante procurarmos esses capins cujo cultivo é favorecido pelo clima quente. Por exemplo, o capim da Bermuda, que cresce muito bem na Carolina do Sul, na Geórgia. Com essas espécies, podem ser efetuados vários cortes por ano, ao contrário das árvores altas. Usamos um equipamento comum para a colheita, secamos o capim no próprio campo ao ar livre, e não há necessidade de replantar, colhendo por vários anos. Mas, natural, o clima deve ser adequado.

Citarei em seguida as operações que devem ser realizadas para apoiar a estrutura de operação da plantação de energia.

Com relação a equipamentos, as plantações de energia geralmente precisam de equipamentos padronizados. Para certas árvores, é preciso equipamentos mais caros, como ceifadores, etc. Precisamos de máquinas para cortar capim, de forma a poder transportar o produto cortado, por caminhões.

A área mínima necessária para tornar econômico o uso desses equipamentos é de aproximadamente 28.500 acres. Não há ne-

cessidade absoluta de que essa área seja contínua, mas sim de que haja uma proximidade que permita que a área seja operada convenientemente, como uma unidade.

Se os 100 milhões de acres de terra disponíveis nos Estados Unidos fossem usados para produzir combustíveis a partir de matéria vegetal, poderiam ser gerados cerca de 10 quatrilhões de BTU's de combustível útil por ano, ou cerca de 14% do consumo nacional total de energia. Isto representa aproximadamente o dobro da quantidade de energia que poderia ser obtida de todas as fontes de resíduos sólidos municipais, florestais, e agrícolas.

Os programas de computadores nos ensinaram que os recursos da terra não devem concorrer com o cultivo de produtos alimentícios. É preciso procurar as espécies adequadas para cada clima. A mesma espécie não se comportaria da mesma maneira no Paraná, e no Nordeste do Brasil, por exemplo.

O projeto da plantação deve estar muito voltado para o estudo dos custos. Procuramos reduzir ao mínimo o custo do combustível, por exemplo, 1 cruzeiro por milhão de kg/caloria de calor. O rendimento não é tão importante quanto o custo. É preferível operar uma plantação com rendimento de 8 ton/acre a Cr\$ 20,00 por milhão de BTU's, que uma outra que rendesse 100 toneladas, porém a Cr\$ 30,00. Normalmente, nos Estados Unidos, a unidade operacional é de aproximadamente 28.500 acres, e o custo é de cerca de US\$20,00 por milhão de BTU's. É por isso que preferimos o cavaco de madeira, que nos proporciona US\$3,50 por milhão de BTU's de SNG.

As informações do computador podem ser aplicadas somente a uma determinada área. Fizemos um estudo para uma plantação de energia no norte da Califórnia. Somente esse local foi analisado e processado. A escolha do local apropriado baseia-se na disponibilidade e no custo da energia, disponibilidade da terra, e nas características do solo e do clima.

Após a escolha do local, efetuamos o projeto para aquele determinado local, o qual

seria diferente daquele para outro local mais distante; fazemos a seleção das espécies e estudamos o ciclo de crescimento, a utilização de nutrientes, e o manejo de plantação — e com isso obtemos o custo médio total. Acreditamos que o melhor aproveitamento econômico da plantação energética é alcançado com a queima de material na própria plantação, para produção de vapor ou eletricidade.

Como os senhores sabem, a mão-de-obra é um elemento muito importante do custo. Sei que aqui no Brasil a mão-de-obra é bem mais barata, o que certamente baixará o custo operacional.

Eu gostaria de lembrar que as terras utilizadas para a plantação energética, geralmente não são usadas para nenhuma outra finalidade.

Queria salientar também, que o único requisito mineral na plantação, é o nitrogênio.

Gostaria de explicar o problema do bióxido de carbono. A concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera, que é da ordem de 340 PPM, será duplicada dentro de 50 a 80 anos. E o pior é que aqueles que não queimam nem carvão, nem petróleo, ou gás, e que não estão contribuindo para agravar ainda mais esse problema, terão que sofrer as consequências, mesmo não sendo culpados, pois o clima mundial sofrerá uma modificação adversa, que afetará a agricultura. A figura V demonstra este fenômeno.

O Brasil dispõe de potencial de biomassa, dispõe de recursos minerais em abundância; dispõe também de minério de ferro, e de tantos outros recursos. E neste momento, os brasileiros estão desperdiçando muito. Portanto, nos próximos 5 ou 10 anos, a minha pergunta será respondida: Será que há vida inteligente no Brasil? - Esta pergunta terá uma resposta afirmativa se pudermos realmente converter, economicamente, o potencial que chamamos de plantação energética.

Quero agradecer sua atenção, ficando à disposição para responder às perguntas que me forem formuladas.

## DEBATES

**Haroldo Mattos de Lemos** — Já temos a primeira pergunta, formulada pelo Sr. Renato Bueno Neto, que é a seguinte: qual é o nível de absorção de CO<sub>2</sub> pela fotossíntese? Isso contribui efetivamente para a redução do nível de poluição de CO<sub>2</sub> na atmosfera?

**George C. Szego** — A densidade de terras que produzem matéria vegetal é enorme; o crescimento demográfico também deve ser levado em consideração; a migração muito rápida de regiões rurais para urbanas, também.

Nós estamos perdendo uma parte muito importante da nossa capacidade de fotossíntese, construindo os centros comerciais, rodovias, aeroportos, fábricas, habitações, e assim por diante. Se compreendi bem sua pergunta, o que eu vejo na plantação de energia é simplesmente que essa produção líquida de CO<sub>2</sub> é igual a zero, porque trata-se de um sistema de auto-reprodução. Porém, sinto-me bastante preocupado pensando em como aumentar verdadeiramente o cultivo de

áreas verdes no mundo, para tentar controlar a liberação excessiva de CO<sub>2</sub>.

Para mostrar que estamos realmente empenhados num processo irreversível, nós, nos Estados Unidos e na Europa, estamos usando a maior quantidade de carvão e gás natural, por liberarmos menos CO<sub>2</sub> que o petróleo. A única maneira de parar o aumento do nível de bióxido de carbono, seria pararmos de queimar combustíveis fósseis, ou pelo menos, diminuirmos a quantidade desse combustível queimado.

**Haroldo Mattos de Lemos** — Quando o Sr. mencionou o custo esperado de um centavo por kwh para o Brasil, foi incluído o custo total da geração de energia? Esta pergunta é do Sr. Suchek, da Jaakko Poyry Engenharia.

**G. C. Szego** — A matéria-prima tem praticamente o mesmo custo, para os Estados Unidos e para o Brasil. E vocês exportam grande quantidade de matérias-primas, como carne, e produtos alimentícios. E o resulta-

do final talvez seja menor 10% do que aquilo que citei. O custo da geração de energia está incluído.

**Haroldo Mattos de Lemos** — Uma terceira pergunta: o conferencista, durante a sua apresentação, faz referência ao potencial dos rios, em complementação à energia elétrica. Pode falar alguma coisa mais sobre esse assunto? Pergunta do Sr. J. C. Collina, da Setal Instalações Industriais.

**G. C. Szego** — Há o sistema de energia hidroelétrica, cuja função é gerar eletricidade. O Rio Amazonas flui diretamente para o mar. Ele tem um enorme potencial osmótico. Existe o sistema chamado hidroelétrico de natureza osmótica. De que maneira a água chega ao topo das árvores? Pela capilaridade, e principalmente pela pressão osmótica. As células possuem uma membrana semi-permeável a qual, se houver concentrações diferentes de sacarídeos e de outras substâncias de seus dois lados, permitirá a passagem da água, mesmo em sentido ascendente. Então,



as árvores elevam a água a grandes alturas, graças ao potencial osmótico.

Podemos gerar eletricidade usando esse potencial osmótico. A isto chamamos "energia hidroelétrica osmótica". O Brasil, se considerarmos o rio Paraná e o rio Amazonas, possui um dos maiores potenciais osmóticos do mundo. Um dos fatos interessantes em relação a essa energia osmótica, é o fato de que ela é modular.

Temos mais fábricas a vapor do que movidas a energia hidroelétrica porque são mais baratas do que a construção de uma piscina. E há possibilidades de se descentralizar a geração elétrica, levando-a para outros confins. Se houvesse uma energia descentralizada, o agricultor que mora numa cidade distante poderia ter eletricidade própria, sem linhas de transmissão. Países que caminham nessa direção têm tendência a se tornarem mais industrializados, além de se tornarem mais confortáveis, isto é: deve-se cuidar do interior do Brasil, como o Amazonas, e Mato Grosso.

Países como o Brasil, que têm grandes volumes de água doce, têm grande potencial osmótico. Eu não posso dizer exatamente quando esse desenvolvimento osmótico vai se tornar prático e aplicável. Mas, pelo nosso custo, ele será obtido a mais ou menos 300 dólares por kw.

Há a energia solar, que pode ser utilizada para reciclagem do sistema de uma fábrica. Podemos colocar uma solução concentrada ao lado de uma não concentrada, e entre elas uma membrana. Logo se atingirá o equilíbrio. Para se restabelecer a diferença de concentrações, podemos usar a energia solar. Um outro aspecto da energia solar, é aquele que serve para o fornecimento de calor. Nos Estados Unidos, o calor representa um quinto, ou mais, de toda a energia usada para qualquer fim. Em refinarias de petróleo, fábricas de vidro, siderurgias, quanto mais temperatura houver, melhor será. É importante conseguir-se uma temperatura acima de 100°C. O petróleo, ao ser refinado, exige inicialmente uma temperatura não muito alta; e a energia solar poderá ser utilizada para este primeiro processo de aquecimento. Para o restante, poderão ser utilizados combustíveis e energia solar. Pode-se produzir energia solar, como uma fonte que dura 24 horas por dia. E mais um potencial para o Brasil, um país tropical. O Brasil, portanto, é muito rico em energia solar e osmótica, além de energia hidroelétrica.

Especialmente nas áreas mais remotas, a energia solar poderá ser aproveitada com grandes benefícios. A alternativa elétrica, nessas regiões, seriam as fábricas a Diesel, que são muito caras, quanto ao aspecto de combustível. Daí a vantagem da energia solar.

**Haroldo Mattos de Lemos** — Há uma segunda parte na pergunta formulada pelo Sr. **J. C. Collina**: O custo de 1 centavo/kwh é da plantaçao energética? O Sr. Szego pode confirmar? Qual é o custo do aluguel da terra usado para o cálculo?

**G. C. Szego** — O preço do aluguel da terra foi de 7,9% do total. Nós consideramos este problema. São cerca de 25 dólares/ano por acre. No Brasil, provavelmente, o custo da terra seria um tanto menor. A terra no Brasil, ainda assim, sairá mais barata. O preço do aluguel seria uns 10% do valor total. É a única resposta que tenho para lhe dar; desculpe-me por não possuir mais dados.

**Haroldo Mattos de Lemos** — Uma outra questão, de **Geraldo Braga**, da Uniplan: Haveria economicidade na floresta tropical heterogênea? Que empreendimentos poderiam ser executados?

**G. C. Szego** — Um dos aspectos, é de que há muitos parasitas. Seu controle é difícil; todos sabem que existem tipos de insetos que se tornaram resistentes ao DDT. Faria-se uma drenagem, enriquecer-se-ia o solo. Seriam comprados fertilizantes. Atualmente, utiliza-se combustão de petróleo; estamos utilizando muito pouca madeira para geração de energia.

Um aspecto que requer cuidado é o de que a floresta homogênea deve ser estabelecida atendendo condições ecológicas da região. Não podemos ter pessoal selecionando espécies sem conhecimento ecológico. Há necessidade de cooperação concentrada, análises feitas por especialistas em botânica patológica, pessoal especialista em ambiente e ecologia que pudesse determinar as exigências de espécies de tais monoculturas, e seria perigoso uma pessoa não informada fazer uma determinação de espécie.

Sobre a segunda questão, que diz respeito ao sistema integrado, podemos dar um exemplo levando em consideração um recente estudo efetuado para a Weyrhauser Company, empresa florestal que é uma das maiores do mundo, onde fomos consultores sobre energia por cerca de um ano e meio.

A maior unidade da Weyrhauser está em Longview, Alemanha Ocidental. Lá, eles pagavam caminhões para retirar da fábrica resíduos de cascas, e todos sabem que o resíduo de serrarias é composto de casca e finos de madeira, que apresentam alto poder calorífico. E, não sei porque, eles pagavam para que esse material fosse retirado. Em segundo lugar, eles estavam gerando vapor por combustão, à base de óleo e de alguma madeira, o que não é nada bom em uma unidade industrial. O fluxo de energia numa unidade industrial deve ser projetado em harmonia com a disponibilidade da função termodinâmica, e isto resulta, hoje, nos Estados Unidos, num conceito chamado "geração a frio", em que a primeira coisa a ser feita é gerar vapor a 66 libras e, depois, passar através de uma turbina à pressão de 180 a 200 libras e, então, fazer uso do vapor para operação de secagem de celulose, ou para geração de calor.

E há pessoas que utilizam esses resíduos unicamente para aterro, apesar de seu alto valor energético. A Weyrhauser já não usa mais os resíduos de serraria como material de aterro. Hoje, eles utilizam todo o resíduo para produção de energia, incluindo cascas, e tudo o mais. Tudo é queimado.

Eu não posso, de imediato, recordar-me de nenhuma unidade auto-suficiente em energia, com uma pequena exceção. Sei que existe uma pequena unidade geradora de eletricidade em Winsconsin; esta unidade termoelétrica é localizada numa região de grande concentração de fábricas de móveis. E, como se sabe, as fábricas de móveis produzem grande quantidade de resíduos. E eles já têm uma unidade de 25 MW em operação há 25 anos, na base de produção com os resíduos fornecidos pelas fábricas de móveis. E isto não é biomassa, no sentido de que estamos falando hoje. Aquilo é combustível gerado à base de resíduo. Eles quiseram aumentar essa fabricação. No entanto, não houve volume suficiente de resíduos das fábricas

de móveis. E eles agora, utilizam carvão mineral de alta porcentagem de cinzas, mas com baixa porcentagem de enxofre.

Se, por exemplo, vocês têm resíduo de cidade, que tem alta taxa de umidade, e conseqüentemente, baixo poder calorífico, vocês podem misturar cavacos de madeira; neste caso, haverá boas condições para queima, com razoável poder calorífico. Pode-se abrir uma unidade termoelétrica usando todo o resíduo de que se pode dispor, completando com carvão de baixo poder calorífico proveniente de algum lugar, gerando-se, então, o vapor necessário.

**Haroldo Mattos de Lemos** — Uma última pergunta, dirigida por **Paulo Alvim**: existe algum lugar dos Estados Unidos utilizando-se comercialmente da plantaçao de energia? Como o conferencista veria a possibilidade de se utilizar a floresta amazônica como plantaçao de energia?

**G. C. Szego** — A Erda Energy Research Foundation liberou, recentemente, o que nós chamamos de RFP, ou seja, um pedido para proposta, a respeito de uma floresta comercial para geração de energia. E, dentro de dois meses, veremos quem terá respondido a essa proposta. É necessário uma usina termo-elétrica, um proprietário de terras, e uma companhia de engenharia.

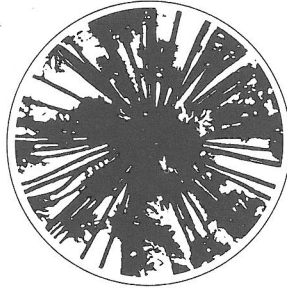
Eu ainda não posso responder afirmativamente, mas temos um bom número de cidades pensando em fazer uma plantaçao para geração comercial de energia. Somos também engenheiros consultores de energia para o Colorado, e para algumas outras áreas, como West Virginia. E tudo indica que muitas empresas estão interessadas em florestas para geração de energia.

Devo dizer que dentro de alguns anos, veremos várias plantaçoes para geração de energia nos Estados Unidos, e com nenhuma outra finalidade além da produção de energia. Serão florestas com a finalidade de geração de vapor, eletricidade, e que seriam totalmente auto-suficientes. Elas gerarão seu próprio oxigênio. As cinzas serão aproveitadas junto com nutrientes, como fosfato, para recuperar o solo. A princípio, esses nutrientes deverão ser complementados, mas, neste momento, não posso dar senão poucos e pequenos exemplos. Não há nenhum aspecto, ainda, de grande escala.

Na segunda parte da questão, no que se refere à Amazônia, eu sei muito pouco a respeito dessa região, apesar de saber onde fica Manaus, na confluência dos rios Negro e Amazonas. Já ouvi algo a respeito de piranhas, mas realmente não conheço nada sobre a Amazônia. Caso lá existam muitas savanas, com umidade elevada, isso seria um problema, principalmente se não existirem as espécies adequadas e houver dificuldade de transporte. Caso existam na Amazônia terras secas fregáveis, acho que seria bastante natural uma floresta para geração de energia. É muito difícil para mim, sem experiência sobre o Brasil, dizer algo sobre a energia da floresta da Amazônia; eu precisaria ser abastecido com informações básicas sobre botânica, pedologia, ecologia das espécies que poderiam crescer lá. Uma unidade de geração de vapor e eletricidade poderia ser projetada em praticamente qualquer parte do Brasil, desde que existam boas informações técnicas. Para mim, não existem melhores oportunidades no mundo do que as existentes no Brasil. E há inclusive, o estímulo provocado pela crise de petróleo.



# Seminário



## **FLORESTA** **potencial energético brasileiro**

**QUINTA SESSÃO**, realizada às 14h do dia 9/8/77, no Auditório G do Palácio das Convenções do Parque Anhembi — SP.

**ENERGIA DA MADEIRA E DE RESÍDUOS: ESTÁGIO ATUAL DA PESQUISA E DA PRÁTICA NA ALEMANHA OCIDENTAL**

### **MESA DIRETORA**

**PRESIDENTE**

— **HORÁCIO CHERKASSKY**  
Presidente da APFPC

**MODERADOR**

— **ÁLVARO SILVA NETO**  
Consider

**CONFERENCISTA**

— **WILHELM PATZAK**  
Universidade de Munique —  
Alemanha

# ENERGIA DA MADEIRA E DE RESÍDUOS: ESTÁGIO ATUAL DA PESQUISA E DA PRÁTICA NA ALEMANHA OCIDENTAL

Wilhelm Patzak

## Sumário Summary

Análise e comparação de ambas as situações, do Brasil e da Alemanha Ocidental, em relação a expressão territorial, densidade demográfica, indicadores econômicos, superfície florestal, respectivas composições e utilizações de outras fontes de energia, fatores estes que condicionam duas políticas energéticas bem diferenciadas para os dois países: enquanto no Brasil a madeira tem peso substancial no balanço energético nacional, na Alemanha, pelo contrário, tem peso inexpressivo nesse campo já que seu uso mais importante é como matéria-prima na indústria madeireira.

Dimensionamento dos resíduos florestais e industriais produzidos no campo e no parque industrial alemão e que poderiam ser usados para a geração de energia nas próprias unidades madeireiras, notadamente nas de pequeno e médio porte, em substituição ao óleo combustível. Tal iniciativa, porém, com algumas excessões, ainda é objeto de intensas pesquisas, pois o sistema, antes de ser adotado na grande prática, precisará preencher uma série de pré-requisitos de ordem econômica, logística, ambiental e relativos à segurança, pois as normas legislativas em vigor nesse país são bastante severas.

Considerações técnicas sobre os principais sistemas de fornalhas para queima de resíduos nas indústrias madeireiras existentes na atualidade: a grelha plana, com carregamento pneumático, a grelha inclinada, a fornalha com alimentação por rosca, entre outros sistemas.

### Energy From Wood and Residues

Actual stage of research and practice in West Germany

Analysis and comparison of both situations in Brazil and in West German, related to territorial expression, demographic densities, economical indications, forest area, its respective composition and utilizations related to other energy sources, such elements that determine two completely different energy policies to the two countries: while in Brazil wood has a substantial weight on the rational energy budget, in German, otherwise, it has an inexpressive importance in that field, as its major utilization is a raw material in the wood processing industry.

Measurement of industrial and forest residues produced in German country and industrial field, and that could be used for energy generation in wood processing plants, notably in low and medium size plants in replacement to fuel oil. Such an initiative, however, with few exceptions, is still object of intense investigations, for before adopting the system in large practice it is necessary to fulfil several economical, logistic, environmental and security requirements, for the present legislative rules are extremely severe.

Technical considerations about chief furnace systems for residues burning in the existent wood processing plants: plain grate, with pneumatic conveyor, inclined grate, and screw feed furnace.

Wilhelm Patzak é assistente de pesquisas do Instituto de Pesquisa e Tecnologia de Madeira, na Universidade de Munique, Alemanha, há 13 anos, onde também ministra aulas de "Tecnologia do Papel", "Energia e Economia de Calor" e "Tecnologia de Controle Automático". Como pesquisador, realizou trabalhos nas áreas de degradação térmica da madeira, proteção contra fogo, tecnologia e engenharia de processos na área da indústria da madeira e obtenção de energia da madeira (e rejeitos), com ênfase no controle de poluição. Em 1964 diplomou-se em engenharia e, em 1971, doutorou-se pela Universidade de Munique nas áreas: engenharia química e engenharia mecânica. Sua tese foi: "A teoria dos processos de Combustão da Madeira". O autor tem os seguintes trabalhos publicados: "Transferência de calor e distribuição de temperaturas em uma cabine de madeira"; "Utilização da Madeira: Desenvolvimento e Futuro"; "Comportamento da madeira em incêndio" e "A importância e o futuro da madeira (lenha e rejeitos) como fonte de energia".



# ENERGIA DA MADEIRA E DE RESÍDUOS: ESTÁGIO ATUAL DA PESQUISA E DA PRÁTICA NA ALEMANHA OCIDENTAL

Wilhelm Patzak

Permitam-me, antes de entrar no assunto desta palestra, a apresentação e a comparação de alguns dados característicos do Brasil, São Paulo, e a República Federal da Alemanha, como base para uma compreensão melhor da situação na RFA.

combustíveis lenhosos para a geração de energia.

Como a densidade demográfica no Brasil varia muito de acordo com as regras, para o uso da madeira como combustível poderão resultar problemas semelhantes.

cífico de energia.

De acordo com uma comparação, com base em US\$, o PIB na RFA, em termos absolutos é 4 vezes, e em termos per capita, é 7 vezes maior do que no Brasil.

O consumo de energia per capita, tomando como base os balanços energéticos gerais, é 8 vezes, e considerando o consumo de lenha é quase 5 vezes maior na RFA do que no Brasil.

Um aspecto muito importante está na situação geral do suprimento de matérias-primas. A RFA, ao invés do Brasil, deve ser enquadrada como país carente de matérias-primas. No contexto deste seminário, o interesse principal é pelas reservas de madeira, indicadas pela extensão da área florestal e pelo grau de utilização das florestas. O gráfico n.º 1 demonstra as diferenças na cobertura florestal e na utilização das florestas por ambos os países.

A área florestal do Brasil representa 40% do território nacional, enquanto na RFA a cobertura florestal somente ocupa 28%. Disto no Brasil somente 27% estão sendo utilizados, enquanto o uso das florestas na RFA alcança a totalidade das áreas.

Na RFA predominam as florestas de coníferas, enquanto no Brasil as florestas são

**Tabela A — Relações dos dados característicos de 1974 comparativos entre Brasil e RFA**

a) Dados gerais	São Paulo (Estado)	Brasil	RFA
Extensão territorial	1	34	1
População	0,3	1,7	1
Densidade demográfica (hab./km <sup>2</sup> )	7	1	21
Produto bruto interno		1	4
Produto bruto interno per capital		1	7
Consumo específico per capita		1	8
Consumo específico per capita (somente lenha)		1	5

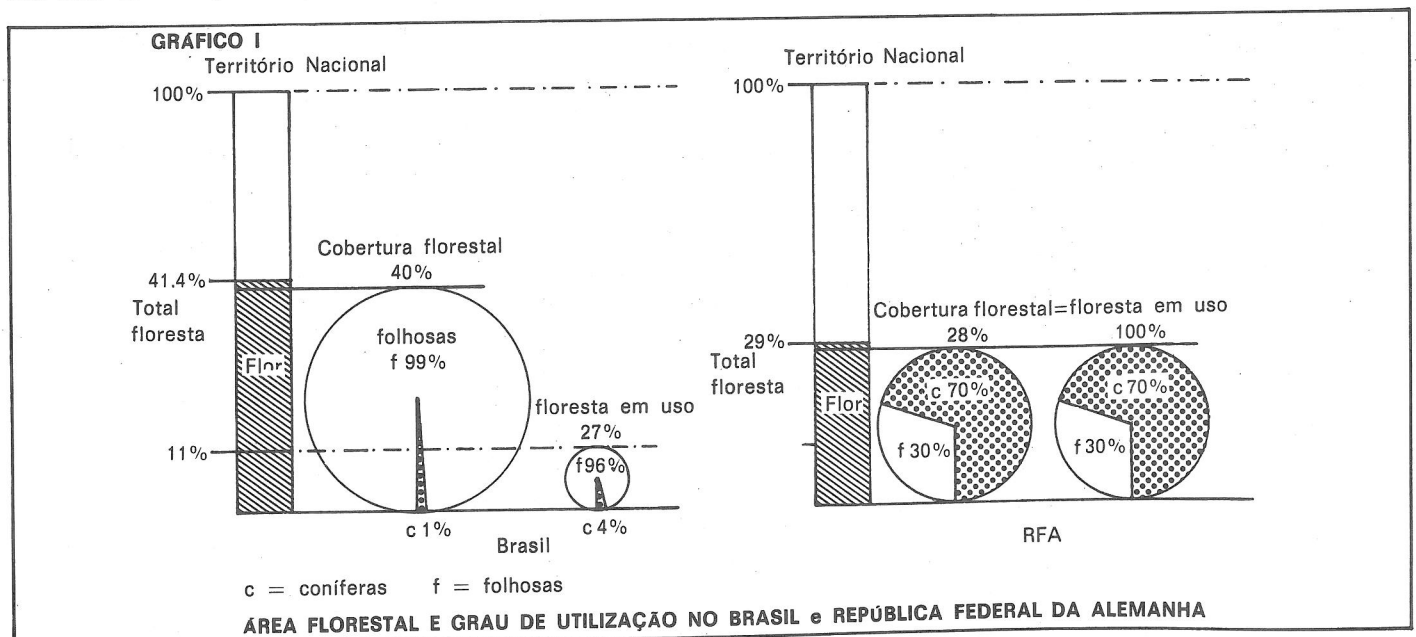
O Brasil possui aproximadamente 34 vezes a extensão da RFA, porém possui apenas um pouco menos do que o dobro do número de habitantes.

A densidade demográfica, portanto, na RFA é 21 vezes maior que a do Brasil.

Disto resultam, como será demonstrado, uma série de conseqüências para o uso de

Toda a RFA não possui uma extensão superior ao Estado de São Paulo, que por sua vez possui uma densidade demográfica 7 vezes maior do que a média brasileira; porém é superado em 3 vezes pela RFA.

Os indicadores para o desenvolvimento econômico e o grau de industrialização são o produto bruto interno e o consumo espe-



formadas por folhosas e em parte são florestas mistas. Disto resultam as condições de suprimento de madeira que são demonstradas na Tabela B.

**Tabela B — Relações dos dados característicos de 1974 comparativos entre Brasil e RFA**

	Brasil	RFA
b) Utilização das florestas		
Área florestal total	49 (49)	1 (1)
Área florestal em uso	13	1
do que: coníferas em uso	(1) 06	(2) 1
folhosas em uso	40	1
c) Corte de madeira		
Madeira coníferas	1	1
em bruto folhosas	16	1
do qual:		
Lenha coníferas	15	1
folhosas	83	1
d) Corte, per capita (consumo)		
Total madeira em bruto	3	1
Lenha	33	1
e) Reservas em pé		
Total		
Coníferas	0,4	1
Folhosas	196	1
Na floresta em uso		
Coníferas	0,4	1
Folhosas	59	1
Incremento anual na floresta em uso		
Coníferas	0,1	1
Folhosas	8	1

Em relação à RFA, o Brasil possui uma extensão florestal 49 vezes maior, da qual uma área 13 vezes maior de que na RFA está em uso.

Apenas os povoamentos de coníferas na RFA possuem o dobro da extensão do Brasil. Em contrapartida a extensão da área de florestas de folhosas é 40 vezes maior no Brasil do que na RFA.

Disto resulta uma área florestal per capita de 28 vezes maior para o Brasil do que para a RFA. Porém, para a área em uso, esta relação é de apenas 7:1. Conforme as áreas florestais, também a produção florestal varia.

No Brasil o corte de madeira bruta é 5 vezes e o corte de lenha é 56 vezes maior que na RFA.

Nos dois países o corte de madeira de coníferas alcança volumes iguais, enquanto que o corte de madeira de folhosas é 16 vezes maior no Brasil.

No corte per capita resulta uma relação de 3:1 na madeira bruta e de 33:1 na lenha.

O consumo per capita de madeira, encontra-se nas mesmas proporções, contudo é importante salientar que a RFA importa aproximadamente 50% do seu consumo de madeira.

De acordo com as áreas florestais, também os volumes dos estoques em pé são estimados pela FAO com notáveis diferenças. Brasil dispõe na sua área florestal toda, de reservas 66 vezes maiores e nas florestas em uso de reservas 20 vezes maiores do que a RFA, enquanto o incremento anual das florestas no Brasil somente alcança um valor 3 vezes maior do que na RFA.

Destacam-se as diferenças nos estoques de folhosas, os quais no Brasil são 190 vezes maiores do que na RFA.

O gráfico 2 visualiza as peculiaridades da composição dos estoques de madeira em pé

entre o Brasil e a RFA.

Depois desta comparação indicativa dos dois países, entra-se na discussão da importância atual e futura dos combustíveis lenhosos para a geração de energia, principalmente na indústria madeireira.

#### COMBUSTÍVEIS LENHOSOS NA COMPARAÇÃO EM ÂMBITO MUNDIAL

Uma análise global dos balanços energéticos demonstra as diferenças regionais na importância da madeira como fonte de energia mais antiga usada pela humanidade. Da análise das estatísticas relevantes da FAO, com base nas médias mundiais, em relação à importância da lenha para condições extremamente diferentes de necessidade e geração de energia e o uso da madeira, resulta o gráfico 3.

Na comparação mundial o gráfico 3 demonstra que a lenha cortada em 1974, segundo as estatísticas, expressa em unidades equivalentes de energia, é irrelevante como fonte de energia primária, cobrindo apenas

4,2% da demanda mundial de energia primária.

Porém, em média dos países em desenvolvimento a participação da energia com base na lenha, com 25,6% é considerável, e até vital para as populações de alguns destes países.

Também no Brasil a participação da lenha com 38,4% do consumo total de energia é muito alto, enquanto que a lenha como fonte de energia primária, representando 0,2%, pode ser desprezado no balanço energético da Alemanha.

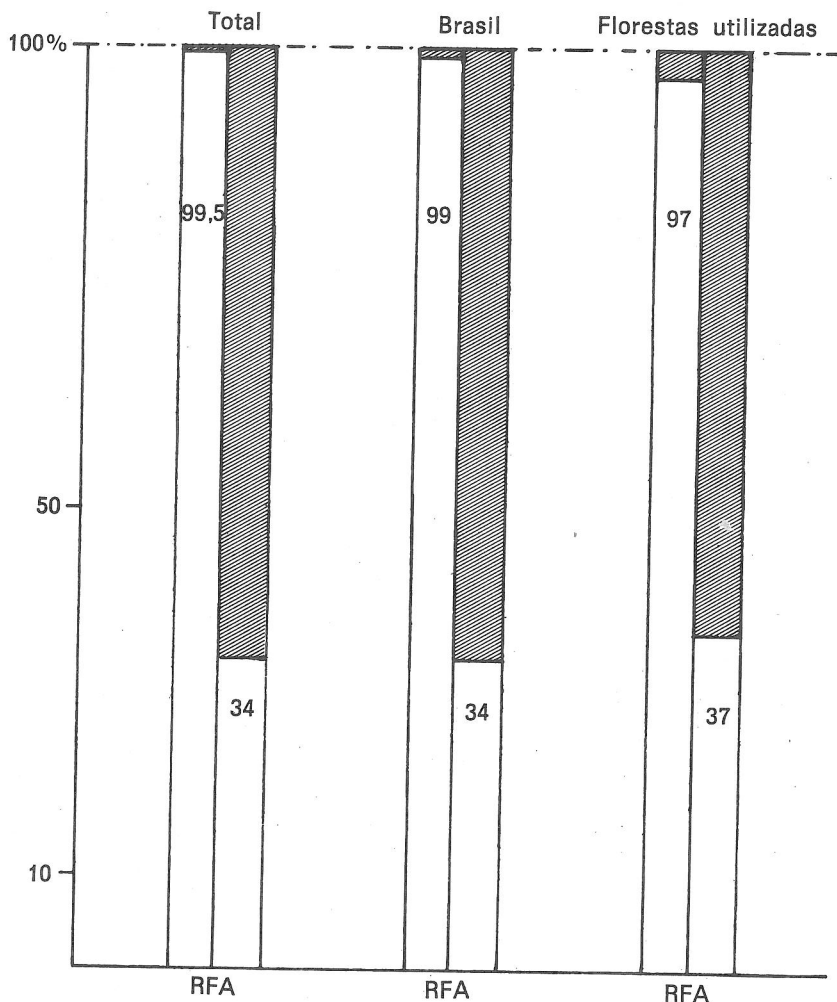
Num exemplo ilustrativo demonstra-se as limitações teóricas da importância da madeira como fonte de energia.

Imaginando o caso que tivesse sido queimada toda a madeira cortada nas diferentes regiões em análise, do consumo de energia primária no ano de 1974 poderia ter sido coberto 9% em relação ao mundo, 31% dos países em desenvolvimento, do Brasil 45% e da RFA apenas 3%.

A citação da utilização da totalidade do corte de madeira para combustível e a ava-

**GRÁFICO II**

#### ESTOQUES DE MADEIRA EM PÉ NA FLORESTA Incremento anual das florestas em uso



participação % de folhosas e coníferas no Brasil e RFA (FAO 1966)





liação do seu valor energético não é tão irreal, considerando que nos países com alta participação da madeira industrial no corte total, pelo menos a mesma quantidade de madeira é disponível em forma de resíduos florestais, como potencial energético atualmente sub-utilizado.

Como demonstra o gráfico, em todas as regiões analisadas domina o óleo mineral, acentuadamente no Brasil e na RFA.

Os dois países dependem em graus diferentes (Brasil 76% e RFA 95%) da importação desta fonte de energia que apresenta tendência acentuada de encarecimento.

Mais um aspecto em comum destes dois países é que sofrem de escassez de fontes próprias de energia em relação ao alto consumo.

Na RFA a auto-suficiência somente está assegurada com carvão mineral, enquanto no Brasil aparentemente os recursos hidráulicos representam uma posição de destaque no ativo do balanço energético.

Ainda devem ser comentadas as diferenças importantes existentes na utilização do corte da madeira e da sua distribuição entre coníferas e folhosas nas diferentes regiões (Gráfico 4).

A porcentagem da lenha no corte total é 11 vezes maior no Brasil do que na RFA. A pequena participação de 7,8% de lenha na RFA hoje é usada para uma série de diferentes finalidades, menos para calefação.

Isto tem a sua razão de ser, pelo fato que na utilização da madeira na RFA domina a função da madeira como matéria-prima e que, via de regra, a madeira de coníferas tem uso mais versátil do que madeira de folhosas.

A distribuição do consumo das várias fontes de energia primária, que corresponde à lenha, é demonstrado no gráfico 5a.

Pode-se ver que no caso de se excluir o consumo de madeira como combustível, isto levaria a um incremento bem diferenciado do consumo de outros combustíveis:

- no consumo mundial em 10 a 21%
- na soma dos países em desenvolvimento em 55 a 220%
- na RFA somente em 0,4 a 1,3%:

Aqui se demonstra drasticamente a importância da madeira como combustível. Sem o combustível madeira, o consumo de combustíveis minerais teria que aumentar 0,8 a 63 vezes.

A participação das fontes de energia disponíveis que poderiam substituir a madeira é demonstrada no gráfico 5b.

Da ordem de grandeza das participações pode-se concluir, que a substituição da lenha consumida seria difícil para a média mundial e para os países em desenvolvimento somente seria possível com óleo mineral.

A RFA precisaria gastar nem 1% da sua produção de carvão mineral para substituir a lenha.

Com nenhum carburante mineral, nem com a soma deles, produzidos no Brasil, o país poderia substituir a lenha. Para isto, deveria aumentar a sua produção de carvão mineral + petróleo + gás natural em aproximadamente 2,5 vezes.

Os demonstrativos apresentados naturalmente representam a situação do momento dentro da dinâmica da disponibilidade e consumo de energia.

Somente as tendências futuras foram apresentados estudos de diversas instituições competentes que podem ser encontradas em publicações.

Aqui o interesse se concentra na madei-

ra. A participação da madeira diminuirá em relação ao consumo total de energia no futuro, como tem diminuído nas décadas passadas.

A causa para esta diminuição em primeiro lugar reside no fato de que as categorias de madeira que até agora foram consideradas como lenha (madeira fina, resíduos florestais e industriais) em forma crescente são usadas como matéria-prima, p. ex. para a fabricação de chapas. Esta tendência sem dúvida se acentuará nos países altamente industrializados e ao mesmo tempo carentes de matéria-prima.

### COMBUSTÍVEIS LENHOSOS NO SUPRIMENTO DE ENERGIA NA RFA

A importância da madeira como fonte de energia é praticamente nula no balanço energético da RFA, bem ao contrário da situação no Brasil.

Por isto na RFA a lenha não é mais computada nas estatísticas como mercadoria e também não é mais separada como categoria de madeira específica na classificação dos cortes.

Apesar destes fatos e relações, a madeira em termos absolutos em relação ao seu potencial energético por unidade de peso representa um combustível importante, cuja utilização poderá resultar econômica em muitas regiões e setores, principalmente quando se trata da utilização racional de resíduos. A relação dos valores caloríficos por tonelada

expressa em tonelada unidade de carvão mineral é:  
carvão mineral : petróleo : madeira = 1,0 : 1,4 : 0,5.

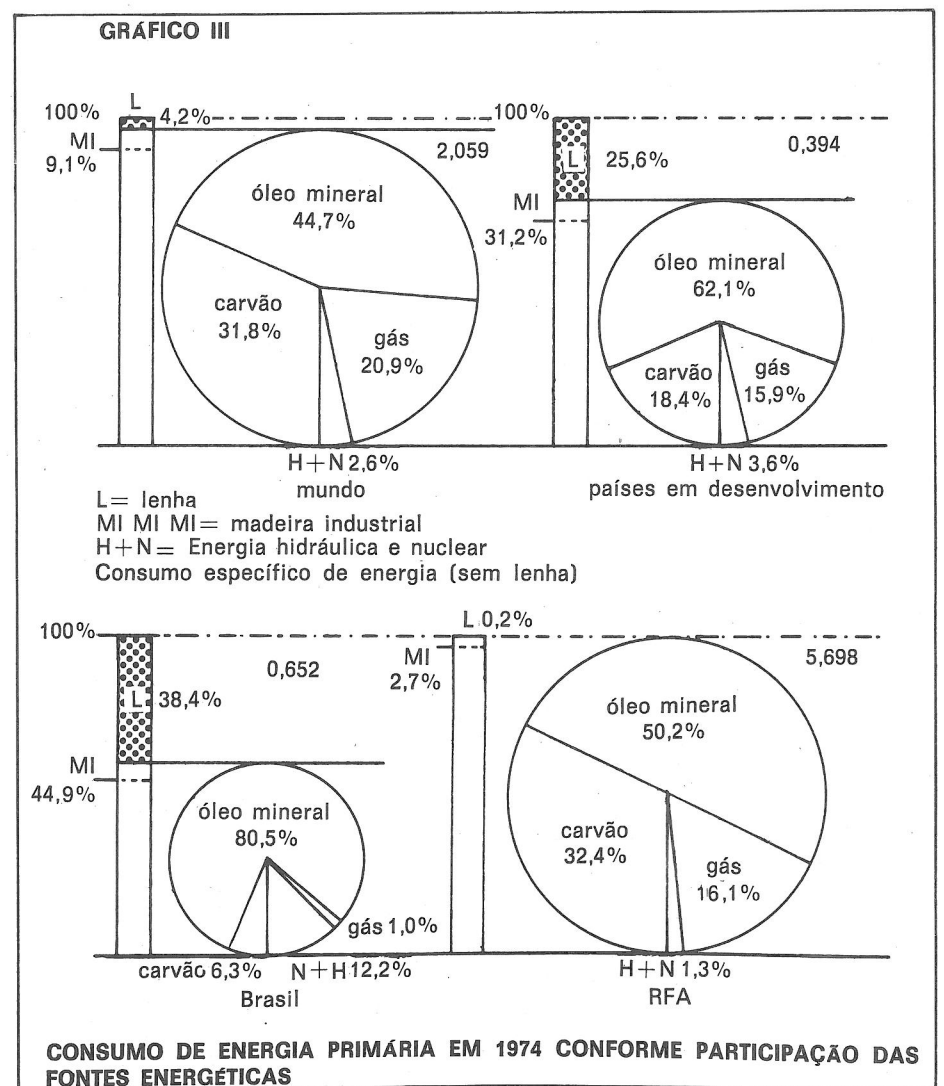
Para a RFA e os setores da indústria madeireira aqui será analisado o estado atual de consumo e suprimento de energia, bem como a disponibilidade de madeira e resíduos de madeira, com o objetivo de avaliar as condições futuras da madeira como fonte energética

No gráfico 6 demonstra-se a situação do consumo das diferentes fontes energéticas na RFA para 1974, separado por energia primária (a) e energia final (b), bem como separado por setores de consumo.

Estas estatísticas detalhadas demonstram que na RFA a madeira no ano de 1974 não tem prestado uma contribuição significativa para o suprimento de energia no país. A participação da madeira no consumo de energia na RFA não ultrapassa 0,2%.

Para avaliar as chances de substituir outras fontes de energia pela madeira, torna-se necessária uma análise do consumo de energia da RFA por setores de uso.

Como demonstra o gráfico circular com 5,3% e 0,2% a participação das fontes de energia primária dentro da indústria e dos transportes, é pequena. Aqui a madeira torna-se indiscutível como substituto na maioria dos setores industriais, devido às tecnologias muito avançadas e o estágio tecnológico no setor de transportes.



Como combustível para usinas termoelétricas comerciais a lenha disponível da RFA em termos econômicos é insuficiente e o seu suprimento a longo prazo não é garantido. O custo logístico para o suprimento seria exageradamente alto para as bacias de suprimento, além do fato que o material em consideração em forma crescente está sendo usado como base de matéria-prima para a indústria.

O gráfico n.º 7 demonstra o consumo de energia final por setores e fontes de energia.

Para a madeira como sucedâneo a outras fontes de energia na RFA além de alguns setores industriais somente resta o setor do consumo doméstico. Para este a madeira aparece com 0,4% no balanço energético e com grandes diferenciações regionais.

Os gastos de uma família média na RFA com luz, gás e outros combustíveis em 1974 era de 4,3 a 7,5% do consumo dos padrões familiares indicados na estatística oficial. Isto corresponde aproximadamente aos gastos com manjares (3,4 até 6,5%), o gasto em restaurantes (1,3 até 3,8%), ou para vestimentas e calçados (1,3 até 10,1%).

Considerando estas relações de gastos, também neste setor a madeira dificilmente encontrará uma chance como combustível.

Contudo aqui somente foram analisadas as estatísticas disponíveis sobre o consumo de fontes de energia comerciais. Nenhuma estatística contém dados sobre o consumo de energia e de lenha em regiões rurais interiores e o suprimento através de catação de combustíveis lenhosos.

#### COMBUSTÍVEIS LENHOSOS NO SUPRIMENTO DA INDÚSTRIA MADEIREIRA DA RFA

As maiores chances para combustíveis lenhosos residem nos pequenos consumidores e nas usinas elétricas próprias das indústrias madeiras.

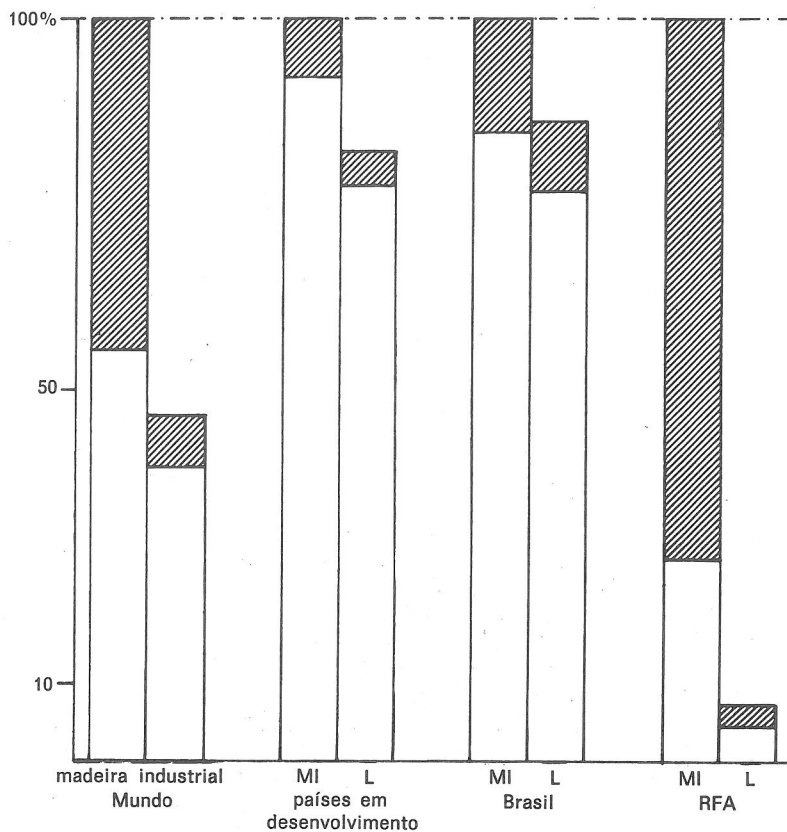
Uma análise das estatísticas sobre a situação do consumo em 1974 de diferentes combustíveis e energia elétrica, distribuído por setores industriais nos quais a madeira é matéria-prima, em comparação com a indústria em forma global, bem como com os balanços do suprimento de energia elétrica são demonstrados no gráfico n.º 8.

Todos os setores da indústria madeira com 0,6% e a indústria de celulose, papel e papelão com 3,12% tiveram uma participação muito pequena no consumo de combustíveis dentro da indústria alemã. Como demonstram os percentuais e melhor ainda os gráficos circulares, a distribuição sobre as fontes de energia: carvão mineral, óleo mineral e gás natural era relativamente uniforme no total do setor industrial. Na indústria madeira com 86% e na indústria de celulose, papel e papelão com 67%, o óleo combustível predomina claramente.

No consumo de energia elétrica de toda a indústria, o setor da indústria da madeira tinha uma participação de apenas 1,5% e com 4,5 também a indústria de celulose, papel e papelão teve uma participação pequena.

Chama a atenção nos balanços de suprimento de energia elétrica, a alta participação da geração própria de aproximadamente 74% da energia consumida na indústria de celulose, papel e papelão, enquanto os 13% de geração própria na indústria madeira é pouco.

GRÁFICO IV

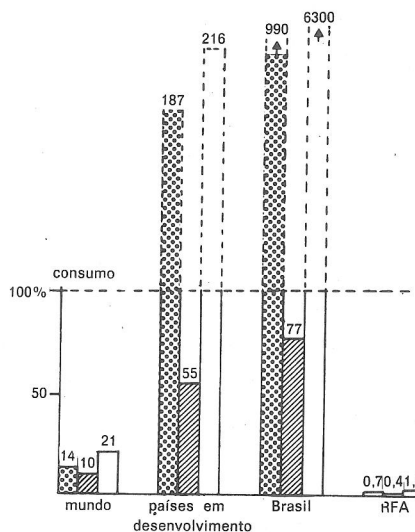


CORTE DE MADEIRA INDUSTRIAL E LENHA (distribuição % em coníferas e folhosas — 1971)

Folhosas  
Coníferas

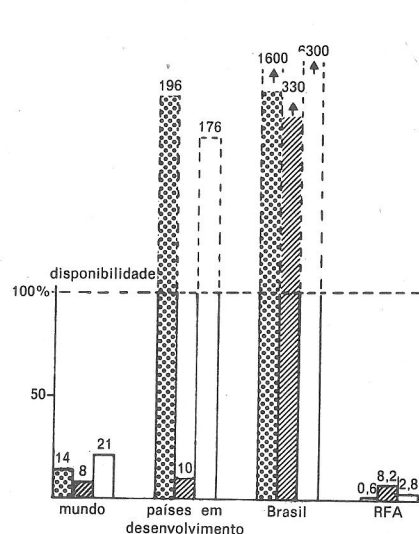
L = lenha  
MI = madeira industrial

GRÁFICO V (a)



FONTES ENERGÉTICAS — participação no consumo que corresponde à lenha (1974) —  
carvão, óleo mineral, petróleo.

GRÁFICO V (b)



FONTES ENERGÉTICAS — participação na disponibilidade que poderia substituir a lenha (1974) —

Deve ser notado que devido aos procedimentos estatísticos somente foram analisados os dados relativos ao consumo de combustíveis comerciais.

Destes dados somente a estrutura do consumo de energia e da comparação das estatísticas dos anos anteriores podem ser reconhecidas as tendências para a situação futura e pode ser avaliada a importância da madeira e resíduos de madeira como substituto para outras fontes de energia.

Com este intuito devem ser confrontados os equivalentes energéticos dos potenciais de madeira e resíduos aos dados do consumo de energia.

### POTENCIAL DOS COMBUSTÍVEIS LENHOSOS

Como demonstra o gráfico n.º 9 os combustíveis lenhosos se originam entre a produção primária da madeira e o aproveitamento de produtos usados (lixo), bem como nos setores sem produção de madeira industrial, sobre as mais variadas formas, desde o pó da madeira até pedaços.

Estimativas grosseiras dos resíduos disponíveis são possíveis para os resíduos florestais através das áreas florestais produtivas, a sua produção primária e o grau de rendimentos.

Para os resíduos nas diferentes indústrias madeireiras a disponibilidade pode ser determinada pela relação input matéria-prima/output produtos ou diretamente das estatísticas disponíveis no caso da RFA.

Como demonstra o esquema no gráfico n.º 9, o tipo, quantidade e distribuição dos combustíveis derivados de resíduos de madeira, dependem de um grande número de variáveis com oscilações muito acentuadas.

A disponibilidade do material atualmente sub-utilizado, segundo os dados deduzidos das estatísticas de corte relativas ao ano de 1974 é demonstrado no gráfico 10, em quantidade (toneladas abs. seco) e pela composição percentual. Isto representa uma primeira quantificação da disponibilidade teórica. Porém esta primeira aproximação não leva em consideração o grande número de fatores limitantes à produção. Para muitos resíduos florestais, como por exemplo, tocos e raízes, o aproveitamento em termos econômicos atualmente não seria viável. Por isto este tipo de conjeturas deveria ser dirigido a situações futuras.

Dentro das margens de segurança de estimativas deste tipo consta uma boa concordância entre as variantes A e B. Em ambos os casos a distribuição da biomassa da árvore em madeira industrial e resíduos florestais resulta quase igual.

A parte maior dos resíduos florestais é representada por tocos com o maior volume no solo, mas também os resíduos restantes relativa a parte aérea das árvores representa um potencial expressivo.

No total a quantidade de resíduos florestais é de 0,3 a 0,5 toneladas abs. seco de madeira por cada metro cúbico de madeira extraída e aproveitada da floresta. Estes resíduos como combustíveis possuem um valor energético que corresponde a 150-200 kg de carvão mineral e que são perdidos para a economia através da importação de energia equivalente e que muito bem poderia substituir o óleo combustível caro.

As considerações feitas até agora se referem a apenas uma das componentes da produção primária de madeira dentro das fon-

tes possíveis para combustíveis lenhosos da forma demonstrada no gráfico n.º 9.

Com complexidade semelhante apresenta-se a situação dos resíduos industriais nos diferentes estágios do processamento da madeira.

Como indicação sobre as quantidades disponíveis neste setor demonstra-se no gráfico n.º 11 junto ao potencial dos resíduos florestais também as quantidades de resíduos industriais registrados para a RFA no ano de 1974, bem como a parte indicada como "queimado e não computado" conforme o Anuário Estatístico do Ministério da Agricultura. Adicionalmente são indicados os percentuais de consumo de energia que teoricamente poderiam ter sido cobertos pelo potencial respectivo às diferentes formas de combustíveis de resíduos. Além disto indica-se para os principais setores do consumo os percentuais do consumo de energia primária, bem como os percentuais do consumo de combustíveis para os diferentes setores da indústria de madeira.

Os percentuais do gráfico n.º 11 indicam que, deixando de lado reservas quanto à pre-

cisão das contas e das reais possibilidades do aproveitamento, poderia ser coberto com os resíduos florestais da RFA aproximadamente a metade do consumo da energia primária do setor "consumo doméstico e pequenos usuários" ou um terço do consumo de energia primária do setor industrial.

Para a substituição de 4/5 do consumo de combustíveis em toda a indústria madeireira seria suficiente apenas o potencial energético da casca.

A disponibilidade de resíduos industriais de madeira na RFA poderia, teoricamente, cobrir a necessidade de energia de toda a indústria da madeira.

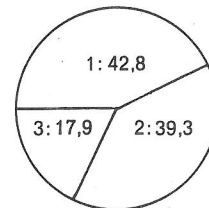
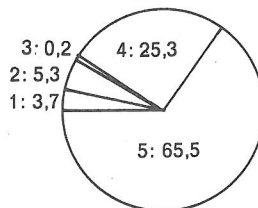
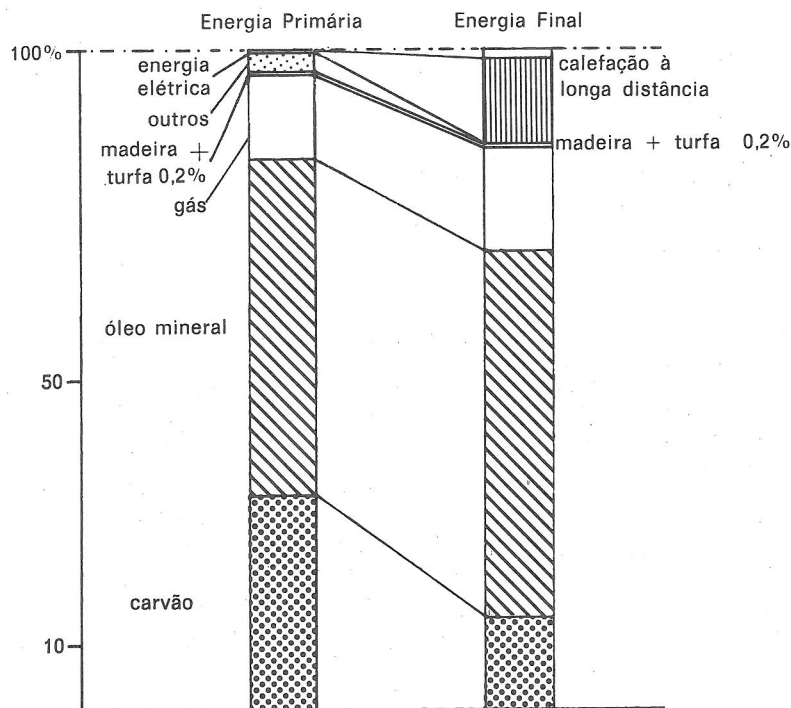
Isto naturalmente não é o caso, visto que este material, na maior parte, é usado com vantagem econômica como matéria-prima na própria indústria madeireira.

Uma parte, que corresponde a 16% dos resíduos industriais de madeira, declarados na estatística como "queimados e não computados", corresponde a aproximadamente 1/4 do consumo de energia da indústria madeireira.

Disto seguramente uma parte significan-

GRÁFICO VI

### CONSUMO DE ENERGIA PRIMÁRIA E FINAL NA RFA (por fontes e participação por setores de consumo — 1974)



#### SETORES DE CONSUMO (%)

- 1: doméstico
- 2: indústria
- 3: transporte
- 4: usinas geradoras
- 5: outros

te, porém não quantificável, está contida no balanço da energia elétrica como "geração própria com base em carvão mineral ou outros combustíveis".

Outros indicadores da importância dos resíduos de madeira como fonte de energia na indústria podem ser encontrados nos dados da estrutura econômica do setor industrial e nos ramos da indústria da madeira.

Destes dados se percebe, conforme é demonstrado nos gráficos n.º 12 e 13, que o input de energia por unidade de faturamento e por hora efetiva de trabalho é extremamente alto na indústria de celulose, papel e papelão, quando comparado com a indústria em geral.

Este fato está sendo contrabalançado por uma alta porcentagem de geração de energia própria neste ramo, como tem demonstrado o gráfico n.º 8.

Para a indústria madeireira os gráficos indicam valores relativamente baixos de consumo de energia.

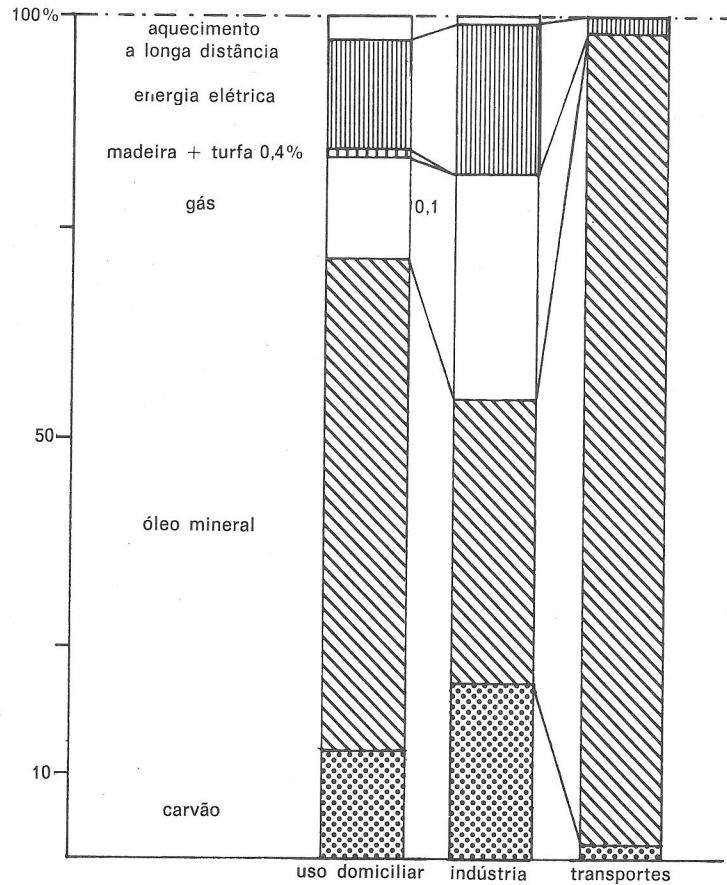
O consumo de óleo combustíveis é dominante, o qual está sujeito a influências não calculáveis no que diz respeito à disponibilidade e o preço.

Dos dados específicos sobre o consumo de energia pode ser concluída uma vantagem econômica decisiva da substituição das fontes de energia ou da geração própria de energia elétrica, a partir dos resíduos de madeira para o setor da indústria madeireira que tem combustível lenhoso à sua disposição praticamente sem ônus.

Abstraindo dos demais aspectos, a madeira como combustível sempre alcança um valor equivalente ao preço que deveria ser pago para os combustíveis, os quais iria substituir.

A confrontação quantitativa da necessidade de energia, respectivamente combustível de setores industriais pré-determinados e de alguns exemplos dos potenciais possíveis de combustível com base em resíduos

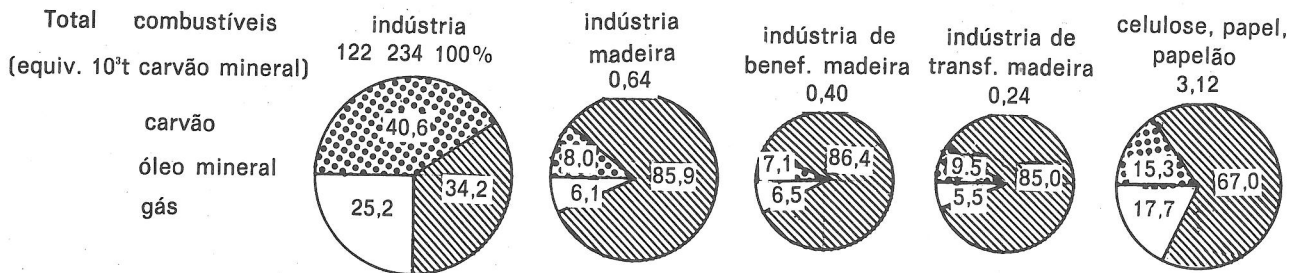
GRÁFICO VII



CONSUMO DE ENERGIA FINAL  
(por setores e fontes — RFA, 1974)

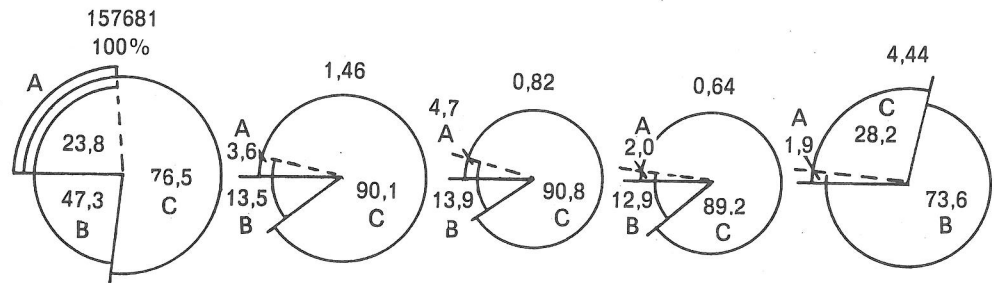
GRÁFICO VIII

CONSUMO POR SETORES E POR FONTES



Consumo de energia elétrica (10<sup>6</sup> Kwh)

- A = fornec. p/ terceiros
- B = geração própria
- C = suprimento de terceiros





de madeira, transmite perspectivas relativamente boas para os combustíveis lenhosos no suprimento de energia à indústria da madeira, contudo se estende apenas no campo teórico do aproveitamento energético.

Além disto deve ser lembrado que dentro da indústria da madeira dominam as empresas pequenas, que não dispõem de resíduos em quantidades adequadas que permitem o aproveitamento energético em termos econômicos, ou que possuem uma estrutura de forma tal que ainda que disponham do combustível, não apresentam uma necessidade adequada de energia.

### A PROBLEMÁTICA DA INSTALAÇÃO E OPERAÇÃO DE INSTALAÇÕES PARA QUEIMA DE MADEIRA NA RFA

Após os aspectos relativos à energia e combustíveis, devem ser abordados alguns problemas resultantes da instalação e da operação de instalações para queima da madeira na RFA:

- 1) Problemas tecnológicos
- 2) Problemas legais e da obtenção do alvará
- 3) Problemas de segurança industrial
- 4) Problemas de poluição do ar
- 5) Problemas econômicos.

O conjunto destes fatores afeta em grande escala a economia das instalações para a queima da madeira.

### PROBLEMAS TÉCNICOS

Em princípio todos os processos da transformação da fonte de energia primária "combustível lenhoso" nas formas de energia aplicável dentro da indústria da madeira, como força, energia elétrica e calor que se apresenta no gráfico n.º 14, são viáveis em combinação com procedimentos de preparação, beneficiamento e transformação.

O processo mais usado para resíduos lenhosos, hoje na RFA é a queima numa fornalha adequada. Os outros métodos, através de um beneficiamento prévio e a transformação posterior na queima, somente seriam vantajosos nos casos em que os produtos intermediários poderiam ser usados como matérias-primas ou que os lugares da disponibilidade do combustível e do consumo da energia não são idênticos. Neste caso poderia ser reduzida a incidência do custo de transporte, sendo que os produtos intermediários com maior densidade energética apresentam melhores condições para o seu transporte.

Qual será a solução definida em cada caso prático sempre é da maior importância a obtenção da maior eficiência no uso do combustível. Uma exceção são os casos onde os resíduos são queimados apenas no intuito da limpeza para diminuir o espaço necessário para depósitos. Estes procedimentos são pouco usados na RFA.

### SISTEMAS DE FORNALHAS

No decorrer do tempo na RFA foi desenvolvida uma série de diferentes tipos de fornalhas, cuja forma construtiva em muito depende do combustível a ser empregado.

O sistema da fornalha deve ser adaptado às condições locais, o que justifica o maior custo de investimento para instalações para a queima de madeira em comparação com instalações para outros combustíveis.

GRÁFICO IX

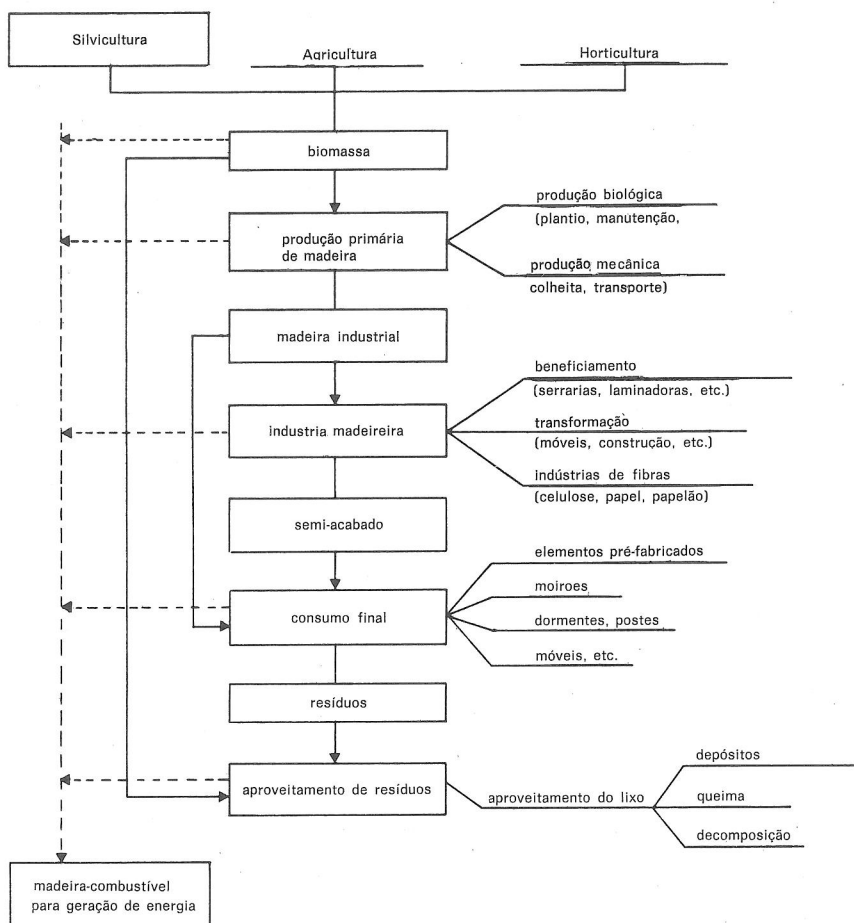
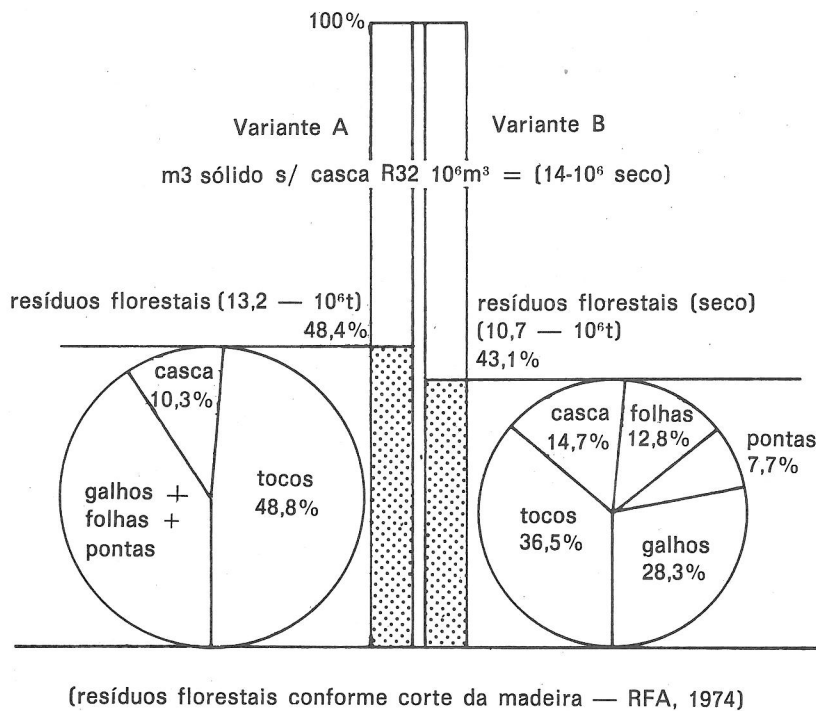


GRÁFICO X

### BIOMASSA TOTAL DA ÁRVORE



Indica-se aqui os principais sistemas usados na RFA com algumas características.

### GRELHA PLANA COM ALIMENTAÇÃO PNEUMÁTICA

É adequada para a queima de virutas e pó de madeira com chama auxiliar de fuel oil ou gás.

### GRELHA INCLINADA

É adequada para a queima de serragem, cavacos, maravalhas, restos de lâminas, etc.

### FORNALHA DE POÇOS

Este tipo de fornalha é ideal para a queima de pedaços e resíduos não triturados. Trabalha com queima por baixo.

### FORNALHA COM ALIMENTAÇÃO POR ROSCA

É usada especificamente para a queima de maravalhas, serragem, cavacos e pó de lixa em qualquer grande mistura.

### GASEIFICAÇÃO

O método da gaseificação de combustíveis, depois que foi abandonado, somente recentemente tem recebido novos impulsos.

As dificuldades deste processo residem no fato de que na gaseificação além de H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, metano e carboidratos, resulta o monóxido de carbono (CO), que é um gás venenoso e explosivo.

### FORNALHAS AUXILIARES

Via de regra, nenhuma instalação grande para a queima de madeira será alimentada exclusivamente com madeira. Queimadores de fuel oil ou de gás são usados como alternativa ou como queimadores de ignição.

Em todos os processos de queima de resíduos os queimadores de óleo ou gás têm grande importância na automatização.

### FORNALHAS PARA CASCA

A casca representa dentro dos resíduos florestais o componente que tem merecido maior atenção por parte dos fabricantes de instalações para a queima de madeira na RFA. Isto principalmente devido ao fato que o descascamento sempre mais está sendo deslocado da floresta para a indústria.

Para a forma construtiva e o seu funcionamento, as características do combustível devem ser conhecidas perfeitamente.

### ALVARÁ PARA INSTALAÇÕES PARA QUEIMA DE MADEIRA

Na RFA existe uma série de normas e regulamentos para a construção e o uso de instalações técnicas. Dentro destas, também devem ser enquadradas as instalações para a geração de energia com base em combustíveis lenhosos. Isto representa um conjunto complexo de leis, regulamentos e normas, cuja fiscalização, na RFA, está a cargo de três repartições.

### PROBLEMAS DE SEGURANÇA INDUSTRIAL

Para a concessão dos alvarás, as normas técnicas de segurança para fornalhas para vi-

GRÁFICO XI POTENCIAL ENERGÉTICO DOS RESÍDUOS DE MADEIRA (RFA, 1974)

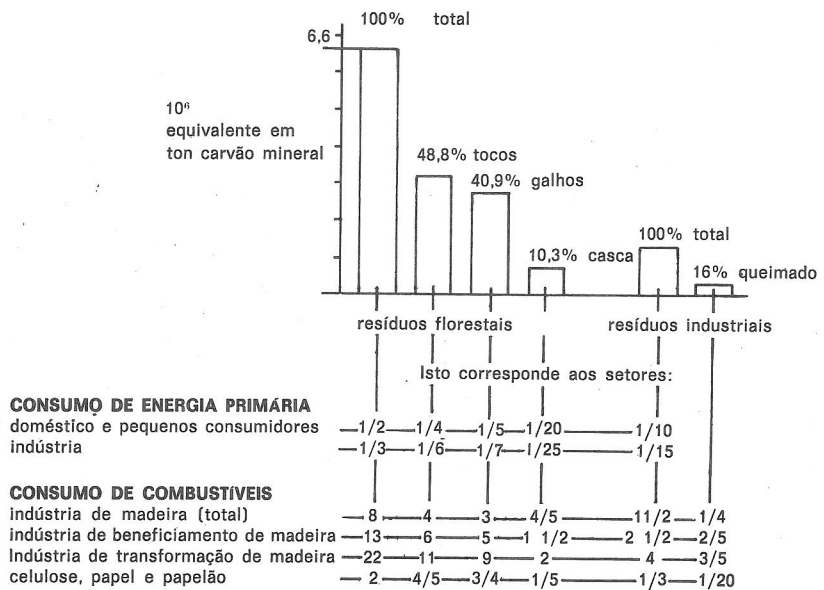
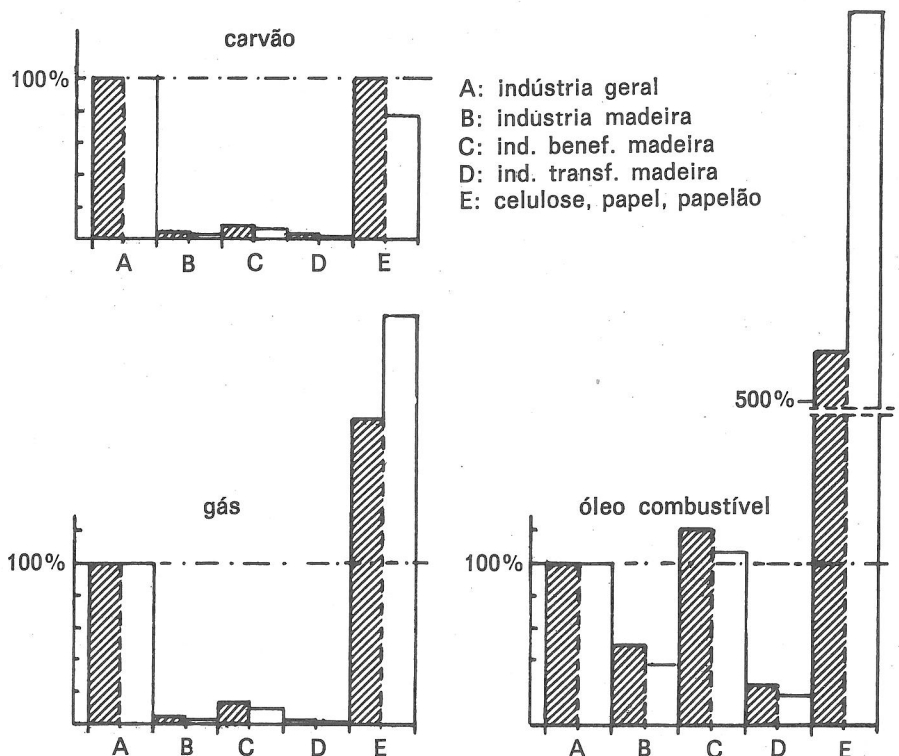
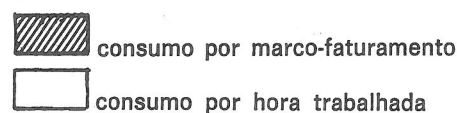


GRÁFICO XII



### ..ELAÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA

(pelo faturamento e horas trabalhadas — RFA, 1974)



% do total da indústria em geral

rutas e pó de madeira em caldeiras são da maior importância.

Esta norma de segurança engloba todos os componentes de uma instalação para a queima de madeira, desde o estoque do combustível em lugar isolado, pelas instalações de transporte interno até as fornalhas. Assim, p. ex., para a queima de pó de madeira a norma exige a fornalha de alimentação pneumática.

Além disto a norma determina o grau de fiscalização técnica das instalações deste tipo. Normalmente uma fiscalização contínua das fornalhas e caldeiras é exigida.

A observação de todas estas exigências no setor técnico e da segurança em comparação com outros combustíveis na madeira exige gastos elevados.

### PROBLEMAS DO MEIO AMBIENTE

Além dos aspectos de segurança, a proteção do meio ambiente faz parte dos aspectos legais e técnicos para deferimento dos alvarás de instalação.

Isto é condicionado pela alta densidade demográfica e por isto plenamente plausível. As principais fontes de poluição do ar são: pó e gases como p.ex., óxido de enxofre, monóxido de carbono, carboidratos, óxidos de nitrogênio, todos nocivos.

Em relação à formação de produtos da combustão que representam gases nocivos, a composição elementar da madeira indica em nada. Madeira seca apresenta os seguintes valores médios da sua composição elementar:

C = 40%, H<sub>2</sub> = 4,5%, O<sub>2</sub> + N<sub>2</sub> = 37%, H<sub>2</sub>O = 16%, cinzas = 1,5%

Isto normalmente leva à conclusão que na combustão da madeira se originem matérias estranhas à composição do ar. Contudo, não resultariam gases nocivos. No entanto, isto somente seria o caso na combustão perfeita, ou seja, no caso em que todos os átomos de carbono tenham reagido para a formação do CO<sub>2</sub> e todos os átomos de hidrogênio tenham sido transformados em vapor de água.

No caso em que esta premissa não seja válida, podem-se originar, além da fuligem, resíduos da combustão, lembrados por todos que passaram pelos tempos do gasogênio, que se caracterizava pelo seu cheiro desagradável. Fazem parte destes componentes a acetona, o metanol, fenol, etc.

A estes produtos, com intenso mau cheiro na combustão imperfeita, ainda se juntam a fuligem e as cinzas volantes, como sinais visíveis de uma instalação de queima em condições de operação inadequada.

Além disto deve ser observado que as madeiras oriundas de processamento industrial, às vezes são tratadas com preservativos, os quais, na queima, resultam em emissões de substâncias nocivas.

Depois da discussão destas emissões torna-se compreensível, que também em instalações que são alimentadas com madeira, considerada um combustível "limpo", é necessário estabelecer normas rígidas sobre o combate à poluição do ar. Para toda a RFA estas normas estão contidas na Lei Federal de Proteção à Emissões (BimSchg), respectivamente à sua regulamentação sobre instalações de combustão de 28.08.1974.

Esta lei tem como objetivo, evitar ou diminuir ao mínimo, todas as influências nocivas que podem resultar de uma instalação de combustão.

Em todos os casos em que a capacidade de geração de energia supere o valor de 40 GJ/h (≅ 950.000 kcal) as instalações não mais estão sujeitas a esta norma, senão são tratadas como "instalações sujeitas a alvará" segundo § 4 da lei de proteção a emissões.

Estas devem ser operadas de forma que os componentes de pó, fuligem e alcatrão nos gases emitidos não superem 150 mg/m<sup>3</sup> em fornalhas de alimentação manual e 300 mg/m<sup>3</sup> em fornalhas de alimentação mecânica.

Como exemplo apresenta-se os resultados do controle de emissões de aproximadamente 13.000 queimadores de uso doméstico e de pequenas indústrias, que foi realizado em 1970 (Tabela C).

A composição dos fatores de emissão separados em sólidos, monóxido de carbono

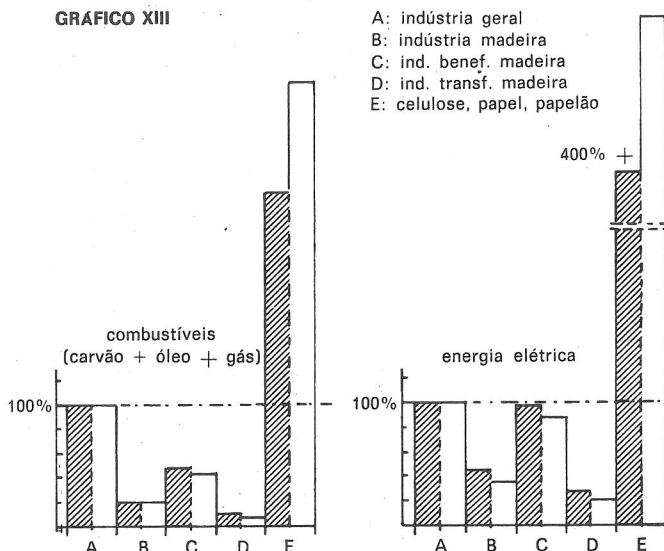
(CO), substâncias orgânicas e óxidos de nitrogênio (NO e NO<sub>2</sub>) que são demonstrados na tabela "C" facilitam uma avaliação do comportamento de diversos combustíveis em relação às emissões (p. ex. fuel oil e queima de gás).

Para avaliar a combustão podem ser usados os valores da emissão de CO. Os fatores de emissão indicados na tabela resultam de emissões com carga nominal por um fator 2.

Os resultados demonstram que a madeira, com exceção dos óxidos de nitrogênio, apresenta esta mesma posição desfavorável em comparação com fuel oil e gás natural.

### PROBLEMAS ECONÔMICOS DE INSTALAÇÕES PARA QUEIMA DE COMBUSTÍVEIS LENHOSOS

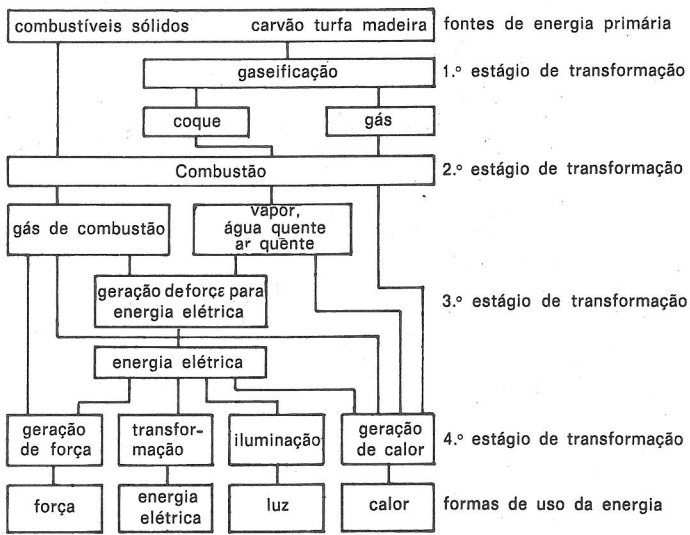
GRÁFICO XIII



RELAÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA (pelo faturamento e horas trabalhadas — RFA, 1974)

▨ consumo por marco-faturamento  
□ consumo por hora trabalhada  
% do total da indústria em geral

GRÁFICO XIV



TRANSFORMAÇÃO DE COMBUSTÍVEIS SÓLIDOS EM FORMAS DE USO DE ENERGIA

Do que foi dito sobre a segurança e poluição resultam exigências legais que requerem equipamentos especiais, o que encarece as instalações para queima de madeira e conseqüentemente reduz a sua competitividade com capacidade de 75-220 Mcal/hora.

Como exemplos para este fato citemos as relações dos custos para duas instalações:

Instalação para pequenas e médias empresas (até aproximadamente 20 empregados) com capacidade de 75-220 Mcal/hora.

Relação dos custos:

Caldeira com fornalha p/ fuel oil	=	100% ≈ 20.000 DM
Alimentação pneumática	≈	80% da caldeira
Filtro de pó	≈	35% da caldeira
Dispositivos anti-poliuição	≈	20% da caldeira

Instalação para empresas médias (aproximadamente 100 a 200 empregados) com capacidade de 600-2.500 Mcal/hora.

Relação dos custos:

Caldeira com fornalha p/ fuel oil	=	100% ≈ 50.000 DM
Alimentação pneumática	≈	35% da caldeira
Filtro de pó	≈	25% da caldeira
Dispositivos anti-poliuição	≈	10% da caldeira

É evidente que uma comparação econômica não é suficiente para comparar o preço dos combustíveis e o valor por unidade energética.

Estes cálculos normalmente não são muito expressivos nos casos que não se leve em consideração os gastos maiores relacionados com investimentos, instalações e pessoal que são necessários para instalações para a queima de combustíveis lenhosos em comparação com fuel oil ou gás natural.

Contudo, com isto, não se pretende diminuir a importância do uso de combustíveis lenhosos como alternativa econômica do seu aproveitamento.

Muito ao contrário. Já que o combustível madeira resulta de graça como resíduo no processamento da madeira, ele oferece condições econômicas excelentes para a geração de energia térmica. Esta vantagem atualmente se acentua mais ainda, tendo em vista a tendência geral do encarecimento da energia.

Nenhuma empresa do setor da indústria madeireira que tenha consciência de custos, poderá ignorar a possibilidade do aproveitamento integral dos resíduos de madeira e conseqüentemente procurará o seu uso para a geração de energia.

Apenas torna-se necessário, antes da decisão da empresa para a mudança no seu sistema de suprimento de energia uma análise detalhada das necessidades e fontes de energia disponível. O estudo da viabilidade

econômica deverá ser adaptado às condições locais. Neste contexto deve-se levar em consideração que exigências a respeito de segurança e proteção do meio-ambiente podem ser fatores decisivos em casos práticos.

Para finalizar, o gráfico 15 demonstra a situação favorável no que diz respeito aos custos anuais (combustível + custos de capital + mão de obra) na análise comparativa do emprego de diferentes combustíveis, apesar que neste exemplo para a madeira foi adotado um preço de 20 DM por estere.

## ENCERRAMENTO

Nesta palestra procurei demonstrar as diferenças na situação do Brasil e da RFA a

respeito dos combustíveis lenhosos, e ao mesmo tempo demonstrar a pequena importância deste combustível na RFA.

Em acordo com a importância diminuta, também os gastos com desenvolvimentos tecnológicos são insignificantes em comparação com outros combustíveis.

As empresas que se preocupam com a combustão de madeira, normalmente são empresas ou setores pequenos, contudo de alta produtividade.

Até agora o combustível lenhoso na RFA era considerado um "lixo incômodo" que tinha que ser removido. Somente agora chega-se à conclusão que a madeira representa um combustível cujo aproveitamento deve ser feito da forma mais eficiente possível.

## TABELA C

FATORES DE EMISSÃO (para queimadores de uso doméstico e em indústrias de pequeno porte)

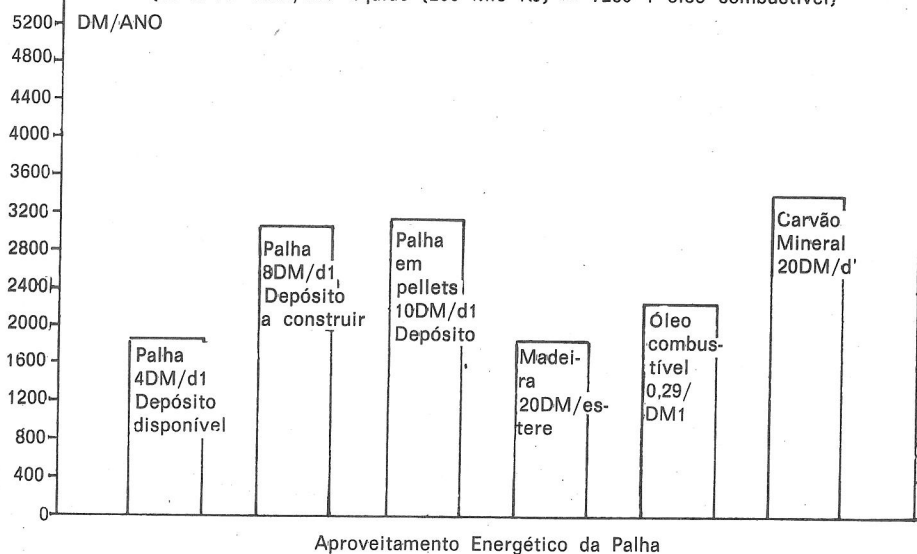
	coque	hulha	carvão mineral	madeira	óleo	gás	combustível
sólidos (g/GJ)	100	350	170*	500**	450	2,5	0,1
CO (g/GJ)	10000	7000	10000	7000	70	70	
C <sub>n</sub> H <sub>m</sub> (g/GJ)	12	150	600	150	15	1,5	
NO <sub>x</sub> (NO <sub>2</sub> ) (g/GJ)	70	12	50	12	50	30	

\* — caldeira de calefação central

\*\* — estufas

## GRÁFICO XV

Comparação de Diversos Combustíveis  
Custos anuais p/ calefação domiciliar (combustível + custos do capital p/ instalação + depósito e trabalho)  
(50 x 10<sup>6</sup> Kcal/ano líquido (200 Mio KJ) ≈ 7260 l óleo combustível)





# DEBATES

**THEO AMORIM** — Temos a primeira pergunta:

Durante muitos anos a Alemanha deu grande importância ao desenvolvimento da tecnologia para a utilização da madeira.

Qual é a sua importância hoje? A Alemanha continua ainda hoje dando essa relativa importância no aproveitamento da madeira?

**WILHELM PATZAK** — Na Alemanha existe o processo de utilização de tecnologia para o desenvolvimento da madeira, principalmente utilizado pelas pequenas empresas e de tamanho médio, que se tem ocupado bastante com isso, basicamente para a madeira como combustível.

Pelo tamanho, não se deveria chegar a conclusões da quantidade dessas empresas. Deve-se constatar que a madeira, como combustível, hoje, na Alemanha, não tem mais importância nenhuma, dentro do balanço energético total. Talvez por isso, a tecnologia da utilização de outros combustíveis tem tido avanço muito mais rápido do que a tecnologia do aproveitamento da madeira.

Crio que mesmo assim o nível de tecnologia existente na Alemanha seria dos mais altos, comparados com o dos outros países. Somente se deve ver sempre a relação entre a importância do balanço energético e as aplicações que estão sendo feitas nesse campo.

**H. CHERKASSKY** — Gostaria de fazer uma pergunta: pelos dados estatísticos que ouvi, tive a impressão de que a utilização de casca, como elemento energético, não estava tendo grande consideração, como estamos sentindo ultimamente há grande possibilidade de se utilizar a casca da madeira, desde que descascada a madeira a seco. Pergunto se essa minha impressão corresponde à realidade ou se entendi mal.

**WILHELM PATZAK** — Como foi demonstrado na exposição e nos quadros, o potencial energético das cascas é bastante alto. Somente com a casca se poderia cobrir 4/5 de todo o consumo de energia da indústria madeireira. Algumas firmas na Alemanha que produzem caldeiras, estão preocupadas com o problema e, atualmente, desenvolvem sistemas para aproveitamento da casca. Existem empresas, dentro do setor da indústria madeireira na Alemanha, que utilizam a casca exclusivamente para geração própria de energia. Porém, a queima da casca traz alguns problemas específicos em relação à madeira, principalmente alta umidade da casca e alto conteúdo de cinzas da queima da casca, sujeiras, pedras e pós, que juntamente com outras impurezas sempre entram com a casca na fornalha. Para os alemães existe outro fator importante quanto à utilização da casca, que é a proteção ao meio-ambiente. Chega-se a queimar a casca simplesmente para se livrar dela. Também deve ser considerado que sempre em escala crescente a casca está

sendo usada, hoje, na Alemanha, como matéria-prima para a fabricação de chapas, isto é, o seu valor como fonte de energia está sendo reduzido em comparação com o seu valor como matéria-prima. Deve ser sempre considerado que o principal interesse alemão é na madeira como matéria-prima e não como combustível.

**THEO AMORIM** — Outra pergunta:

Como é feita a preparação prévia da lenha para alimentação pneumática dentro das fornalhas?

**WILHELM PATZAK** — O aproveitamento da alimentação pneumática é necessário para a queima principalmente de pó de madeira. Além do uso de pó de madeira, principal fonte energética dentro das fábricas de aglomerados, usa-se cavaco de madeira, através de alimentação pneumática. O importante é que a granulometria desse material seja uniforme e quanto menor as suas dimensões, melhor. Por isso, praticamente em toda a caldeira que trabalha com carregamento pneumático, consta também um picador. O fluxo material seria: descascamento, picador e transporte pneumático. Esse pó, como já foi dito, é queimado através do carregamento pneumático, em suspensão. Uma nova possibilidade de queima de pó seria a mistura com cavacos, usando roscas helicoidais para alimentação da fornalha. Com a mistura com cavacos, pode-se reduzir ou talvez evitar o perigo de explosão de pó dentro das caldeiras. Hoje, na Alemanha, já existem regulamentações, que permitem essa alimentação através das roscas helicoidais. Chegou-se a esse novo tipo de abastecimento das fornalhas, porque a introdução, através de transporte pneumático, tem causado alguns problemas de poluição.

**THEO AMORIM** — Outra pergunta:

A estatística apresentada no trabalho do conferencista não leva em conta os derivados de enxofre?

**WILHELM PATZAK** — A madeira não contém enxofre. Conseqüentemente, é considerado um dos combustíveis mais limpos que poderia existir, dependendo sempre do grau da combustão. Naturalmente, como o quadro 6 mostrou, foi colocada em comparação com outros combustíveis, naturalmente que contém enxofre. Mas como se queria apenas demonstrar os conteúdos em relação às madeiras, foi simplesmente abstraído dos derivados de enxofre nos outros combustíveis apresentados.

**H. CHERKASSKY** — Gostaria de saber qual o atual estágio com referência à química da madeira em substituição ao petróleo na Alemanha.

**WILHELM PATZAK** — Na Alemanha somente agora foram iniciados programas de

pesquisa, que devem estudar as possibilidades da substituição do petróleo através da madeira. Existem pesquisas mas, de forma geral, pode-se dizer que desde a Segunda Guerra praticamente não foi posto em prática nenhum aproveitamento da madeira, visando a substituição do petróleo. Isso por uma simples razão: o petróleo, até agora, tem sido mais barato. Por conseqüência, por razões econômicas, não tanto por razões técnicas, ninguém se interessou realmente por desenvolver uma química para a substituição do petróleo. Na Alemanha a tendência é o princípio de aproveitar o máximo a madeira como matéria-prima para a indústria tradicional, porque dessa forma ela teria um valor bem mais alto do que utilizada para transformação em produto químico que venha substituir o petróleo.

No que diz respeito ao próprio uso de energia da indústria madeireira, se tem visto que em relação ao faturamento, unidade de faturamento ou em relação a horas de trabalho, a indústria madeireira se encontra em posição muito favorável no que respeita ao uso de energia, em comparação com outros setores da economia. Conseqüentemente, a indústria madeireira não tem-se preocupado muito em substituir um combustível por outro.

Estou à disposição dos interessados em dados mais detalhados sobre a estrutura do consumo da energia na indústria madeireira alemã. Os nossos dados estatísticos estão à disposição.

**THEO AMORIM** — A pergunta seguinte é do sr. Franceschini:

As transportadoras para cavacos e serragem são refrigeradas a água ou a ar?

**WILHELM PATZAK** — Não existe refrigeração nas instalações de carregamento pneumático das fornalhas. Ao contrário, passa-se a aquecer o ar transportador dos cavacos, porque se sabe que o rendimento do combustível na caldeira melhora sensivelmente, através de um pré-aquecimento da madeira. Os custos de manutenção para essas instalações de alimentação pneumática normalmente é mais elevado do que para fornalhas de construção tradicional.

**FELIPPE FRANCESCHINI** — Minha pergunta foi em relação ao transportador helicoidal.

**WILHELM PATZAK** — Não existem valores específicos, mas se considera o custo para a alimentação, através de roscas helicoidais, dentro do normal desse tipo de transportador.

Não se deverá contar com custos de manutenção expressivamente mais altos, para a alimentação, através de roscas helicoidais, do que para uma fornalha tradicional, porque também esta precisa de algum transporte, do pátio, da madeira, para a fornalha. Em todo caso, a tendência aqui é para automatizar toda a alimentação das fornalhas.