

CONTRIBUIÇÕES DA UFV PARA O AVANÇO E O DESENVOLVIMENTO DA ÁREA DE ENERGIA A PARTIR DE BIOMASSA FLORESTAL NO BRASIL¹

UFV Contribution to the Development and Progress of Energy from Forest Biomass in Brazil

Alexandre Santos Pimenta², Daniel Camara Barcellos³ e Wagner Patrício de Sousa Júnior⁴

Resumo: Este trabalho apresenta a contribuição da Universidade Federal de Viçosa – UFV para o desenvolvimento do setor de biomassa e energia no País. Há mais de 75 anos a UFV vem contribuindo com o setor de biomassa e energia, porém neste trabalho foram levantados as pesquisas e os desenvolvimentos referentes aos últimos 25 anos, principalmente os estudos realizados em nível de pós-graduação no Departamento de Engenharia Florestal – DEF, que gera cerca de três quartos da produção científica de toda a Universidade nesta área, sendo a maioria realizada no Laboratório de Painéis e Energia da Madeira. A UFV tem sido um grande pólo de preparação de profissionais capacitados para atuar no setor, e pela sua produção intelectual ela é hoje reconhecida nacional e internacionalmente. As principais linhas de pesquisa relacionadas à Biomassa e Energia na UFV estão concentradas principalmente nas áreas de carbonização, combustão e aproveitamento de subprodutos energéticos. A difusão deste conhecimento tem sido feita por meio de cursos de extensão, publicações científicas, jornais, internet, entre outros meios de comunicação, colaborando com o crescimento do nosso País e com a sustentabilidade do meio ambiente.

Palavras-chave: Energia de biomassa, carvão vegetal, carbonização, combustão, aproveitamento de subprodutos energéticos, gaseificação e biodigestão.

Abstract: This work presents the contribution of Universidade Federal de Viçosa – UFV to the development of the biomass and energy sector in Brazil. UFV has contributed to this sector for over 75 years but this work has assessed the research and developments over the past 25 years, mainly the graduate level studies carried out at the Forestry Department-DEF, which produces around ¾ of the scientific research of this university in this area, mostly conducted at the Wood Panels and Energy Laboratory. UFV has been a major center for the formation of qualified professionals in this sector, with its intellectual production being nationally and internationally recognized. The major research areas related to Biomass and Energy at UFV are pyrolysis, combustion, and utilization of energetic by-products. Research diffusion has been achieved through extension courses, scientific publications, journals, and the web, thus collaborating with our country's growth and environmental sustainability.

Key words: Biomass energy, vegetal charcoal, pyrolysis, combustion, utilization of energetic by-products, gasification and bio-digestion.

¹ Trabalho convidado.

² D.S., Prof. do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa – DEF/UFV, Telefone (0xx31)3899-1200, <apimenta@ufv.br>; ³ M.S., Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal – DEF/UFV, <camara@uai.com.br>; ⁴ Eng-Florestal, Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal – DEF/UFV, <wpatricio@vicosa.ufv.br>.

1 INTRODUÇÃO

A Universidade Federal de Viçosa originou-se da Escola Superior de Agricultura e Veterinária – ESAV, criada pelo Decreto nº 6.053, de 30 de março de 1922. A inauguração da ESAV foi em 28 de agosto de 1926, pelo seu idealizador e na época o Presidente da República, Sr. Arthur Bernardes, que convidou o professor Peter Henry Holfs para organizá-la e dirigi-la.

O ensino florestal em Viçosa começou em 1927, com a criação do Departamento de Silvicultura. Visando o desenvolvimento da Escola, em 1948 o Governo do Estado transformou-a em Universidade Rural do Estado de Minas Gerais – UREMG, o que permitiu a abertura de concurso para a cátedra de Silvicultura.

O grande avanço pelo qual passou a UREMG, no setor florestal, se deve à criação da primeira Escola Nacional de Florestas, com o apoio da FAO, em 5 de maio de 1960, mediante um acordo firmado entre a Universidade e os Ministérios da Agricultura e da Educação e Cultura. Entretanto, por razões diversas, não foi possível a continuação desse acordo, em virtude da transferência desta Escola para a Universidade Federal do Paraná, em Curitiba, em 14 de novembro de 1963.

O Governo do Estado de Minas Gerais, juntamente com a UREMG, resolveu manter uma unidade de ensino florestal de nível superior, e pelo Decreto nº 7.419, de 21 de fevereiro de 1964, criou a Escola Superior de Florestas-ESF, cujas atividades tiveram início em 3 de março do mesmo ano, tendo como diretor o professor Arlindo de Paula Gonçalves.

Graças à sua sólida base e a seu bem estruturado desenvolvimento, a Universidade adquiriu renome em todo o País, o que motivou o Governo brasileiro a federalizá-la, em 15 de julho de 1969, com o nome de Universidade Federal de Viçosa.

Com essa transformação, foi criado o Centro de Ciências Agrárias, ao qual fo

vinculado o Departamento de Engenharia Florestal-DEF, substituindo a Escola Superior de Florestas.

A Universidade Federal de Viçosa vem acumulando, desde sua fundação, larga experiência e tradição em ensino, pesquisa e extensão, que formam a base de sua filosofia de trabalho.

Por tradição, a área de Ciências Agrárias é a mais desenvolvida na UFV, sendo conhecida e respeitada no Brasil e no exterior.

O Departamento de Engenharia Florestal abriga hoje os cursos de graduação em Engenharia Florestal e Mestrado e Doutorado em Ciência Florestal, sendo este departamento o principal responsável pelas pesquisas em biomassa e energia na Universidade. O Departamento de Engenharia Agrícola é também um dos grandes colaboradores nas pesquisas em biomassa e energia na UFV.

Muitos profissionais (engenheiros, mestres e doutores) formados nessa instituição, que participaram de cadeiras relacionadas à biomassa e energia, mantêm, de forma direta ou indireta, contato com o setor energético no País e no exterior, sendo hoje pessoas influentes no setor.

Há anos a Universidade Federal de Viçosa tem sido procurada por muitas pessoas e empresas, várias delas de renome internacional, para desenvolverem projetos conjuntos, buscar informações na área de biomassa e energia ou realizar serviços em laboratórios e entidades ligadas à Universidade.

Entre os serviços mais solicitados, temos a procura por profissionais para realizarem consultorias na área de carbonização, aproveitamento de resíduos, plantios energéticos e análises de material em laboratório para determinação da qualidade da madeira e do carvão vegetal.

O objetivo do presente artigo foi apresentar um sumário dos trabalhos desenvolvidos na Universidade Federal de Viçosa, através do Departamento de Engenharia Florestal, do

Laboratório de Painéis e Energia da Madeira, de outros departamentos e setores, no avanço das pesquisas em energia e biomassa florestal.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Pelo fato de a Universidade ter como filosofia de trabalho o ensino, a pesquisa e a extensão, a metodologia e os materiais utilizados se basearam nestes três fundamentos, que serão descritos a seguir.

2.1 Ensino

O Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa DEF/UFV oferece para graduandos e pós-graduandos (que cursam mestrado e doutorado) diversas disciplinas na área da Engenharia Florestal, que treinam e capacitam o profissional formado nas diversas áreas da Ciência Florestal.

Na área de energia e biomassa as disciplinas mais importantes são a ENF 359 (Energia da Biomassa Florestal), oferecida para graduandos, e a ENF 668 (Energia da Madeira), oferecida para pós-graduandos. Diversas outras disciplinas complementam o conhecimento dos profissionais que querem atuar na área de biomassa e energia, dentre elas podem ser citadas para graduandos as disciplinas ENF 355 (Tecnologia da Madeira I), ENF 370 (Tecnologia da Madeira II), ENF 357 (Produtos Florestais), ENF 361 (Serraria e Secagem de Madeira), entre outras. Para pós-graduandos podem ser citadas a ENF 660 (Química da Madeira), ENF 653 (Qualidade da Madeira) e ENF 650 (Física da Madeira).

O Laboratório de Painéis e Energia da Madeira, onde se realiza a maior parte das pesquisas em biomassa e energia, fica situado no campus da UFV, e dispõe de modernos equipamentos que permitem a execução de pesquisas em nível de graduação e pós-graduação, nos diversos subgrupos da área de energia e biomassa florestal, além de diversas outras pesquisas relacionadas à obtenção de adesivos

a partir da casca da madeira de espécies do gênero *Eucalyptus*, ao desenvolvimento de novos painéis (aglomerado, osb) a partir da adição de diferentes tipos de materiais, entre muitos outros estudos.

2.2 Pesquisa

Na Universidade Federal de Viçosa diversas pesquisas têm sido realizadas, ao longo dos anos, na área de biomassa e energia. A maioria destas pesquisas foi realizada no Laboratório de Painéis e Energia da Madeira. Outros laboratórios e setores também têm contribuído para pesquisas nesta área, entre eles o Laboratório de Propriedades Físicas e Mecânicas da Madeira, o Laboratório de Celulose e Papel, ambos do Departamento de Engenharia Florestal, e o Setor de Energia na Agricultura e Colheita e Processamento de Grãos, do Departamento de Engenharia Agrícola.

Ao longo dos últimos 25 anos a UFV, representada pelos seus setores e laboratórios, teve a oportunidade de efetuar muitas pesquisas. Entre elas podem ser citadas:

- Qualidade da lenha e do carvão para usos energéticos.
- Recuperação de subprodutos de carbonização (alcatrão e licor pirolenhoso).
- Desenvolvimento e aperfeiçoamento de sistemas de carbonização.
- Avaliação de densidade de plantios para dendroenergia.
- Estudos das relações entre variáveis da carbonização e qualidade do carvão.
- Estudos ergonômicos em sistemas de carbonização.
- Produção de briquetes de biomassa e carvão vegetal.
- Produção de adesivos usando subprodutos da carbonização.
- Influência de solo/adubação na qualidade da lenha e do carvão para uso energético.

- Uso de gaseificador para produção de eletricidade.
- Estudos com biodigestão e biodigestores.
- Uso de fornalhas a carvão para geração de ar quente.
- Controle de poluição em carvoarias, utilizando queimadores de fumaça.
- Aproveitamento de resíduos agroflorestais.
- Instrumentação de fornos de produção de carvão para acompanhamento de carbonização em tempo real e confecção de perfil térmico.
- Uso de *softwares* para controle de carbonização.
- Estudos sociais e, ou, econômicos e, ou, técnicos da produção de lenha e, ou, carvão.
- Produção de ácidos húmicos a partir de carvão de eucalipto e culturas nativas para utilização em culturas agrícolas.
- Processo de análise química imediata (carbono fixo, matérias voláteis e cinzas) e poder calorífico do carvão, usando espectroscopia de infra-vermelho e visível.

Muitas dessas pesquisas têm a participação de empresas privadas, de outros órgãos de pesquisa, de outros setores da própria UFV, bem como de outras universidades.

2.3 Extensão

Em geral, as publicações desenvolvidas na Universidade Federal de Viçosa são encaminhadas a bibliotecas locais e de outras universidades, estando disponíveis para consultas pelo público. Com a evolução da informática e da internet, as teses e outras publicações mais recentes da UFV já se encontram hoje disponíveis no formato digital no *site* da Biblioteca Central da UFV, com acesso gratuito, o que favorece a disseminação do conhecimento e da informação.

Os departamentos da UFV têm o hábito de promover cursos, seminários, congressos,

encontros etc. com o objetivo de apresentar e disseminar os novos conhecimentos no setor. Na área de biomassa e energia podem ser citados o Curso de Atualização em Carvão Vegetal, que é oferecido a empresas privadas, e os cursos gratuitos anuais, que são oferecidos a produtores rurais por ocasião da Semana do Fazendeiro, que já ocorre há mais de 75 anos. O conhecimento tem sido disseminado também pelas publicações científicas produzidas por entidades localizadas na UFV, entre elas a Sociedade de Investigações Florestais - SIF e a Rede Nacional de Biomassa para Energia - RENABIO, devendo-se destacar que esta última já reúne mais de 150 empresas e entidades que visam difundir e elaborar projetos na área de biomassa e energia.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Ensino

Atualmente o DEF contabiliza no seu quadro de professores um corpo docente com 95% de doutores, a maioria com larga experiência acadêmica.

O curso de Engenharia Florestal possui mais de 300 alunos de graduação matriculados e mais de 100 alunos de pós-graduação (mestrado e doutorado). Dados de 2003 revelam que na pós-graduação em Ciência Florestal foram defendidas, naquele ano, 25 teses de mestrado e 13 teses de doutorado.

O curso de pós-graduação em Ciência Florestal da UFV é avaliado pela CAPES, e é atualmente um dos melhores do Brasil, sendo considerado como de padrão internacional de qualidade.

Além do grande número de teses de mestrado e doutorado já desenvolvidas no Laboratório de Painéis e Energia da Madeira e que estão em andamento, é grande a procura de estudantes de graduação que visam desenvolver projetos nos diversos subgrupos da grande área de energia e biomassa florestal, via iniciação

científica, trabalhos voluntários, monografias etc. Cabe ressaltar que não são poucos os exemplos de estudantes que acabam revelando grande afinidade pelos trabalhos desenvolvidos em laboratório e, como consequência natural, tendem a desenvolver pesquisas em nível de pós-graduação.

Também merece destaque a atuação de profissionais da área de energia e biomassa florestal no desenvolvimento das mais variadas atividades de pesquisa, dentre as quais podem ser citadas:

- Programas de Desenvolvimento Tecnológico Industrial (DTI), que são apoiados por empresas privadas e pelo CNPq.
- Programas internacionais que foram desenvolvidos na área de dendroenergia, envolvendo países da América Latina e o Brasil, com o apoio do MRE (Ministério das Relações Exteriores), da UFV (Universidade Federal de Viçosa) e de órgãos nacionais e internacionais de energia.

3.2 Pesquisa

A UFV, ao longo dos seus 25 anos de pesquisa em biomassa e energia, tem-se mostrado um centro de excelência em produção científica e tecnológica.

No Quadro 1 estão os principais departamentos da Universidade Federal de Viçosa que produzem teses na área de biomassa e energia. O Departamento de Engenharia Florestal produz praticamente três terços das teses relacionadas ao tema, sendo a maioria delas realizada no Laboratório de Painéis e Energia da Madeira.

No Quadro 2 pode-se perceber que é desenvolvida pelo menos uma tese por ano na área de energia e biomassa na UFV. Constatase, no mesmo quadro, que em média foram publicadas 1,8 tese por ano na década de 1980 e 1,5 tese por ano na década de 90. Espera-se, nesta década, uma produção superior a 2 teses por ano.

Quadro 1 – Quantidade de teses por modalidade e por departamento publicadas na Universidade Federal de Viçosa

Table 1 – Number of thesis works per area and department published at Universidade Federal de Viçosa

Local/Tese	Mestrado	Doutorado	Pós-Doutorado	Total
DEF - Departamento de Engenharia Florestal	26	6	1	33
DEA - Departamento de Engenharia Agrícola	8	1	-	9
DER - Departamento de Economia Rural.	1	-	-	1
Total	35	7	1	43

Quadro 2 – Quantidade de teses por modalidade e por período publicadas na Universidade Federal de Viçosa

Table 2 – Number of thesis works per area and period published at Universidade Federal de Viçosa

Local/Tese	Mestrado	Doutorado	Pós-Doutorado	Total
Período de 1980 a 1989	18	-	-	18
Período de 1990 a 1999	10	5	-	15
Período de 2000 a 2003	7	2	1	10
Total	35	7	1	43

Apesar de ter sido publicada, em média, uma quantidade menor de teses na década de 1990, 70% delas eram teses de mestrado e 30% teses de doutorado, enquanto na década de 1980 todas as teses foram de mestrado. Na década atual espera-se uma produção científica maior que a das décadas anteriores.

No Quadro 3 estão as principais áreas e os temas de teses que foram publicadas na UFV. Verifica-se que quase um terço das pesquisas é voltada para área de carbonização, o que pode ser explicado pelo fato de o Brasil ser responsável por cerca de um quarto da produção mundial de carvão vegetal e de Minas Gerais participar com quase 80% desta produção.

Quadro 3 – Porcentual, por subárea da área biomassa e energia, das teses publicadas na UFV
Table 3 – Percent per biomass and energy sub area of thesis works published at UFV

Subárea	%
Carbonização	32,5
Utilização de subprodutos energéticos	18,5
Combustão	16,5
Gaseificação	7,0
Biodigestão	7,0
Produção de biomassa para energia	7,0
Aspectos socioeconômicos de sistemas energéticos	4,5
Outros	7,0
Total	100,0

O aproveitamento de subprodutos energéticos e a combustão de biomassa são outras áreas relevantes em pesquisas da UFV, devendo ser ressaltado que, juntas, elas representam um terço das teses produzidas na Universidade na área de biomassa e energia. O último terço engloba teses na área de gaseificação, biodigestão, produção de biomassa, aspectos socioeconômicos de sistema energéticos etc.

Além das teses, podem ser destacados ainda os inúmeros periódicos, monografias, artigos científicos etc. que são publicados. É muito

importante salientar também as patentes geradas na UFV. Entre as principais patentes registradas na UFV relacionadas ao setor de energia e biomassa estão o forno semicontínuo tipo *container* para produção de carvão vegetal, em 2001; o processo de produção de coque pré-moldado com carvão vegetal e alcatrão de madeira, também em 2001; e o processo de produção de adesivos fenólicos com derivados do alcatrão vegetal, em 1995.

Entre os principais estudos que estão sendo realizados hoje na Universidade podem ser citados:

1. Estudo do potencial de biomassa florestal para produção de energia no Brasil. Consiste em uma tese de doutorado que visa quantificar os tipos e as quantidades e locais das biomassas florestais disponíveis no Brasil, para serem utilizados como energia.
2. Análise das propriedades do carvão vegetal, utilizando espectroscopia nas faixas do visível e do infravermelho. Hoje os processos de análise de qualidade do carvão são caros e lentos. Estudos preliminares indicam que estas técnicas de análise permitirão que o carvão seja avaliado qualitativamente de forma barata e rápida, trazendo grandes benefícios para o setor.
3. Desenvolvimento e aperfeiçoamento do forno *container* para produção de carvão vegetal. É um forno de alta produtividade de carvão, e muitas unidades já se encontram em funcionamento no Brasil e no exterior. Atualmente o forno vem sendo estudado e testado na UFV e em empresas privadas interessadas; como exemplo pode-se citar a Ciafal, que já possui em seus estabelecimentos uma unidade em escala industrial.
4. Queima de gases de carbonização. Esta linha de pesquisa foi estudada em escala piloto na UFV, e hoje já está sendo testada em escala comercial em grandes empresas produtoras de carvão, como a Acesita Energética, a Gerdau S.A., a Ferro Ligas Carajás, entre outras. É uma tecnologia que faz uso de

resíduos florestais para eliminar a poluição emitida nas carvoarias e gerar calor, que pode ser usado para secagem de lenha ou mesmo geração de eletricidade.

5. Produção de ácidos húmicos com carvão vegetal – Linha de pesquisa que conta com a participação da EMBRAPA/Solos – RJ, e tem os objetivos de aproveitar subprodutos da carbonização como alcatrão e moínha e produzir ácidos húmicos, para serem usados em culturas agrícolas.
6. Outros estudos como a produção de adesivos à base de alcatrão e o uso de ácido pirolenhoso em mudas e plantios de eucalipto também estão sendo desenvolvidos.

3.3 Extensão

A Universidade conta com diversos meios de interação com a sociedade como um todo. A seguir, serão citados alguns destes veículos da instituição, em particular do Departamento de Engenharia Florestal:

Anualmente muitos produtores rurais são capacitados em diversos cursos realizados na Semana do Fazendeiro, tendo a oportunidade de adquirir novos conhecimentos e esclarecer dúvidas com profissionais especializados.

Muitas empresas privadas preferem treinar seus funcionários através da visita de profissionais da Universidade ou por meio de cursos de extensão promovidos diretamente em seus locais de estabelecimento. A UFV oferece, ainda, cursos de extensão via internet e cursos de especialização.

A Universidade também conta com diversas revistas, como a UFV & Parcerias, que busca desenvolver parcerias, bem como o apoio técnico, visando estabelecer projetos cooperativos entre a UFV e as empresas de âmbito internacional.

A Sociedade de Investigações Florestais-SIF publica, bimestralmente, trabalhos originais no campo da Ciência Florestal através da Revista *Árvore*.

A RENABIO – Rede Nacional de Biomassa para Energia, por meio da revista *Biomassa & Energia*, é a mais recente publicação no campo da Ciência Florestal, divulgando trimestralmente trabalhos de relevância relacionados ao tema.

4 CONCLUSÃO

É notável a contribuição da Universidade Federal de Viçosa ao longo dos últimos 25 anos, representada pelos Departamentos de Engenharia Florestal e Engenharia Agrícola, no desenvolvimento de pesquisas e novas tecnologias referentes ao tema biomassa e energia.

É muito significativa a produção científica realizada na UFV, haja vista o grande número de teses de mestrado e doutorado disponíveis, não podendo deixar de evidenciar os trabalhos publicados por diversos veículos de informação (periódicos, livros, artigos, jornais etc.).

Atualmente, o Laboratório de Painéis e Energia da Madeira conta com ótima estrutura física, possibilitando o desenvolvimento de grande número de pesquisas no setor, destacando-se a análise das propriedades do carvão vegetal por meio da espectroscopia nas faixas do visível e do infravermelho; o desenvolvimento e aperfeiçoamento do forno *container* para produção de carvão vegetal; a incineração de gases de carbonização com o objetivo de eliminar o metano, que causa 20 vezes mais efeito estufa que o dióxido de carbono, e produção de ácidos húmicos.

A conscientização cada vez maior dos diversos segmentos sociais tem exercido grande pressão sobre os mecanismos poluidores do ambiente, o que leva à busca por fontes renováveis de energia e conversão de subprodutos potencialmente poluidores da indústria em produtos que não agredam o meio ambiente. Este fato tem desencadeado uma série de pesquisas nesta linha na UFV, em especial no Laboratório de Painéis e Energia da Madeira.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, J. M. **Efeito da temperatura sobre rendimento e propriedade dos produtos da carbonização de *Eucalyptus grandis***. 1983. 40 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1983.
- ANDRADE, A. M. **Efeitos da fertilização mineral e da calagem na produção e na qualidade da madeira e do carvão de eucalipto**. 1993. 105 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1993.
- ANDRADE, A. M. **Influência da casca de *Eucalyptus grandis* no rendimento e qualidade do carvão vegetal**. 1989. 86 f. Dissertação Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1989.
- ARCURI, P. B. **Efeito da temperatura ambiental na produção e na qualidade do biogás em biodigestor modelo indiano na Zona da Mata de Minas Gerais**. 1986. 92 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1986.
- BARBOSA, J. A. **Avaliação qualitativa e quantitativa de carvão e dos condensados produzidos na carbonização da madeira de algaroba (*Prosopis juliflora*)**. 1986. 52 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1986.
- BARCELLOS, D. C. **Forno container para produção de carvão vegetal: desempenho, perfil térmico, controle da poluição**. 2002. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1986.
- SAIKI, E. T. **Determinação dos parâmetros de gaseificação/combustão de biomassa**. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.
- FARIA, M. M. **Análise técnica e ergonômica da produção de carvão vegetal em fornos tipo rabo-queante**. 2003. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.
- FERNANDES, D. C. M. **Comportamento técnico e ambiental do alcatrão de madeira de eucalipto como alternativa tecnológica de derivados de petróleo utilizados em pavimentos rodoviários**. 2003. Tese (Pós-Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.
- FERNANDES, D. C. M. **Viabilidade do uso de alcatrão de madeira de eucalipto na estabilização de solos residuais para fins rodoviários**. 1999. 124 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.
- FERREIRA, L. M. H. C. **Desenvolvimento de uma retorta para carbonização de madeira**. 1989. 48 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1989.
- FERREIRA, W. P. M. **Avaliação de uma fornalha a carvão vegetal no aquecimento de aviário**. 2004. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.
- FIALHO, J. T. **Mudanças socioeconômicas associadas à introdução de biodigestores no meio rural do Rio Grande do Norte**. 1985. 93 f. Dissertação (Mestrado em Extensão Rural) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1985.
- FILHO, J. G. B. **Desenvolvimento e teste de um forno metálico para carbonização de madeira**. 1986. 36 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1986.
- FLORES LÓPEZ, J. C. **Análise do consumo e estratégia de sustentabilidade da lenha para uso doméstico em Cachoeira de Santa Cruz, município de Viçosa**. 1999. 95 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.
- GOMES, R. A. R. **Avaliação do desempenho de uma fornalha a lenha de fluxo descendente e com sistema de aquecimento direto**. 1988. 56 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1988.
- SILVA, I. D. **Projeto, construção e teste de uma fornalha a carvão vegetal para secagem de café**. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.

- LADEIRA, A. M. M. **Análise dos aspectos tecnológicos e econômicos da produção e utilização do carvão vegetal no estado de Minas Gerais.** 1991. 105 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1991.
- LADEIRA, A. M. M. **Efeito da impregnação da madeira de *Eucalyptus grandis* com sais ignífugos na produção e na qualidade do carvão.** 1997. 79 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.
- LOPES, C. R. G. **Produção de madeira e carvão em plantações de *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus cloeziana*.** 1996. 92 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1996.
- LOPES, R. P. **Desenvolvimento de um sistema gerador de calor com opção para aquecimento direto e indireto de ar.** 2002. 220 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.
- LORENZONI, R. A. **Desenvolvimento de um sistema computacional para simular e comparar economicamente à localização de praças de fornos em áreas de reflorestamento e carvoejamento de eucaliptos.** 1988. 85 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1988.
- MACIEL, A. S. **Produção de adesivos a partir de derivados fenólicos do alcatrão vegetal.** 1989. 32 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1989.
- MATA, H. T. C. **Avaliação da demanda residencial rural de lenha como fonte de energia a alternativas de abastecimento por meio de floresta social.** 1994. 123 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1994.
- MELO, E. C. **Rendimento térmico de uma fornalha a lenha de fluxos descendentes.** 1987. 45 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1987.
- MELO, F. A. O. **Projeto, construção e avaliação de uma fornalha para aquecimento direto e indireto do ar para secagem de produtos agrícolas utilizando combustíveis sólido particulados finos.** 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.
- MELO, V. P. S. **Produção de briquetes de carvão vegetal utilizando alcatrão de madeira como aglutinante.** 1999. 53 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.
- MENDES, L. M. **Influência da qualidade do carvão vegetal e do resfriamento do gás no comportamento de um conjunto gaseificador-gerador de corrente elétrica.** 1993. 50 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1993.
- MIRANDA, A. **Produção de coque pré-moldado com carvão vegetal e piche de eucalipto.** 2001. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1996.
- OLIVEIRA, E. **Correlações entre parâmetros de qualidade de madeira e do carvão de *Eucalyptus grandis*.** 1989. 47 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1989.
- OLIVEIRA, G. A. **Desenvolvimento e teste de uma fornalha com aquecimento indireto e auto controle da temperatura máxima do ar de secagem.** 1996. 69 f. Dissertação Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1996.
- PEREIRA, A. R. **Otimização do transporte de carvão vegetal de eucalipto no estado de Minas Gerais.** 1980. 105 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1980.
- PIMENTA, A. S. **Fracionamento e análise de alcatrão e creosoto de eucalipto por cromatografia gasosa e espectrometria de massa.** 1990. 68 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1990.
- PIMENTA, A. S. **Obtenção de adesivos fenólicos por copolimerização de fenol e alcatrão ou creosoto de eucalipto.** 1995. 108 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1995.
- SANT'ANNA, G. L. **Módulo de resiliência de misturas solo-alcatrão, solo-cal-alcatrão e solo-cimento-alcatrão para pavimentação de estradas florestais.** 2002. 124 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.

- SANTOS, I. S. **Reator de gaseificação de biomassa em fluxo contracorrente**. 2003. 76 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.
- SATHLER, N. S. **Produção de biogás através da digestão anaeróbica de esterco fresco bovino às temperaturas de 25, 30 e 35 °C**. 1981. 95 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1981.
- SILVA, J. R. M. **Desenvolvimento de um forno de carbonização com cúpula metálica móvel**. 1994. 41 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1994.
- SMITH, E. B. S. **Determinação da rotação econômica para *Eucalyptus grandis* destinado a produção de carvão vegetal**. 1989. 68 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1989.
- TRUGILHO, P. F. **Aplicação de algumas técnicas multivariadas na avaliação da qualidade da madeira e do carvão vegetal de *Eucalyptus***. 1995. 160 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1995.
- TRUGILHO, P. F. **Influência do tempo de funcionamento da câmara de combustão no rendimento da carbonização em forno de alvenaria**. 1987. 58 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1987.
- VALE, A.T. **Efeito do comportamento de angico-vermelho e jacaré quanto a produção de carvão vegetal e subprodutos da carbonização**. 1988. 79 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1988.
- VELLA, M. M. C. F. **Influência da velocidade de carbonização da madeira nos rendimentos e nas propriedades do carvão produzido**. 1989. 53 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1989.