

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

RAFAEL AMORIM ROSA

QUALIDADE DO CARVÃO VEGETAL, PARA USO DOMÉSTICO,  
COMERCIALIZADO EM TRÊS MUNICÍPIOS DO ESTADO DO  
ESPÍRITO SANTO

JERÔNIMO MONTEIRO  
ESPÍRITO SANTO

2010

RAFAEL AMORIM ROSA

QUALIDADE DO CARVÃO VEGETAL, PARA USO DOMÉSTICO,  
COMERCIALIZADO EM TRÊS MUNICÍPIOS DO ESTADO DO  
ESPÍRITO SANTO

Monografia apresentada ao  
Departamento de Engenharia  
Florestal do Centro de Ciências  
Agrárias da Universidade Federal  
do Espírito Santo, como requisito  
parcial para obtenção do título de  
Engenheiro Industrial Madeireiro.

JERÔNIMO MONTEIRO

ESPÍRITO SANTO

2010

RAFAEL AMORIM ROSA

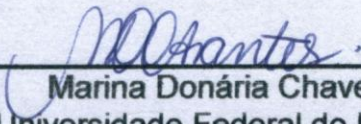
QUALIDADE DO CARVÃO VEGETAL, PARA USO DOMÉSTICO,  
COMERCIALIZADO EM TRÊS MUNICÍPIOS DO ESTADO DO  
ESPÍRITO SANTO

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Industrial Madeireiro.

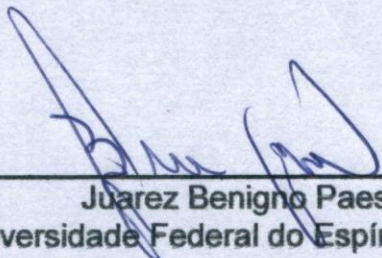
Aprovada em 18 de Novembro de 2010

COMISSÃO EXAMINADORA

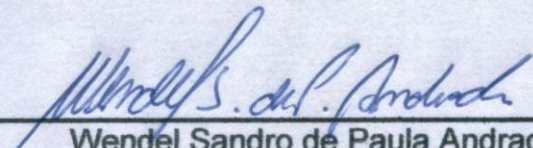
---

  
Marina Donária Chaves Arantes  
Universidade Federal do Espírito Santo  
Orientadora

---

  
Juarez Benigno Paes  
Universidade Federal do Espírito Santo

---

  
Wendel Sandro de Paula Andrade  
Universidade Federal do Espírito Santo

A Deus, por sua divina graça agindo sobre minha vida.

Aos meus pais, pelo absoluto amor e compreensão.

Aos meus irmãos, por acreditarem e apoiarem meus sonhos e convicções.

À minha namorada, pelo amor incondicional.

“... para quem tem pensamento forte o impossível é só questão de opinião e, disto, só os loucos sabem.”

BROWN, C.

## AGRADECIMENTOS

A Deus todo poderoso, pela sabedoria, perseverança e por me guiar nos momentos mais difíceis.

A todos os meus familiares, em especial aos meus pais, Vicente e Maria da Penha, pelo amor, carinho, compreensão e ensinamentos ao longo da minha vida.

À minha namorada Raisia, por todo carinho, amor e compreensão ao longo desses 6 anos de história.

À minha afilhada Marina, por chegar de forma inesperada e radiante na minha vida.

À Professora Marina Donária Chaves Arantes, pela orientação, disposição, paciência, amizade, dedicação e principalmente compreensão ao longo da monografia.

Aos Professores Fabricio Gomes Gonçalves e Wendel Sandro de Paula Andrade, pelos conselhos e ensinamentos. Em especial ao Professor Juarez Benigno Paes, pelo companheirismo, amizade e conhecimentos transmitidos.

Aos Professores Jorge Luis Nunes Góes, Marcelo Nogueira, Luís César da Silva, Djeison César Batista e José Tarcísio Silva de Oliveira, pelas oportunidades nos projetos de pesquisa e monitoria.

Aos técnicos José Geraldo e Elecy pelo apoio, compreensão e assistência durante o uso dos laboratórios.

Ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Espírito Santo, pelo fornecimento de equipamentos e uso dos laboratórios, tornando possível a realização deste trabalho.

Ao Laboratório de Biomassa da Universidade Federal de Lavras, pela realização de algumas análises, parte essencial para concretização deste trabalho.

Aos meus amigos do curso de Engenharia Industrial Madeireira pela ajuda, amizade e alegrias durante todo o curso de graduação. Em especial ao meu amigo Jordão Cabral Moulin, por sua amizade incomparável.

## RESUMO

Como fonte de energia, a madeira é tão importante que mais de 2 bilhões de pessoas no mundo e mais de 30 milhões de brasileiros dependem da energia desse produto para cozinhar e se aquecer. Por isso, este trabalho teve como objetivo analisar a qualidade do carvão vegetal, voltado para o consumo doméstico, comercializado nos municípios do Estado do Espírito Santo, Alegre; Jerônimo Monteiro e Cachoeiro de Itapemirim, bem como verificar o estabelecimento em que foi adquirido o produto nos quesitos de armazenamento, diferenças entre as marcas e o cumprimento das legislações Federais e Estaduais vigentes. Foram analisadas algumas características do carvão vegetal, tais como a densidade relativa aparente, umidade, teor de materiais voláteis, teor de cinzas, teor de carbono fixo, poder calorífico e análise elementar. Pelos resultados, verificou-se que o município de Cachoeiro de Itapemirim, apesar de comercializar o carvão vegetal com umidade elevada, apresentou os melhores resultados para o consumo doméstico. Foram encontrados “tiços” em pelo menos uma marca de cada município. Jerônimo Monteiro foi o município que mais apresentou marcas com distorção entre a massa líquida e aquela descrita na embalagem. Por fim, os direitos dos consumidores não estão sendo considerados por nenhum município, pois todos comercializaram pelo menos uma marca com parâmetros inadequados de qualidade para uso doméstico.

Palavras-chave: Carvão vegetal. Qualidade. Consumo. Legislação.

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS .....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
LISTA DE QUADROS .....	ix
1 INTRODUÇÃO .....	1
1.1 O problema e sua importância .....	2
1.2 Objetivos .....	4
1.2.1 Objetivo geral.....	4
1.2.2 Objetivos específicos .....	4
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	5
2.1 O carvão vegetal .....	5
2.2 Produtos e subprodutos da carbonização .....	11
2.3 Consumo de carvão vegetal .....	12
2.4 Legislação para o carvão vegetal .....	17
3 METODOLOGIA .....	21
4 RESULTADOS DA PESQUISA .....	23
4.1 Diferenças entre marcas e estabelecimentos.....	24
4.1.1 Município de Alegre .....	24
4.1.2 Município de Jerônimo Monteiro .....	28
4.1.3 Município de Cachoeiro de Itapemirim.....	33
4.1.4 Comparação entre os três municípios .....	37
4.2 Características físicas e químicas do carvão vegetal de cada marca .....	38
4.2.1 Município de Alegre .....	38
4.2.2 Município de Jerônimo Monteiro .....	40
4.2.3 Município de Cachoeiro de Itapemirim.....	42
4.3 Comparação das características físicas e químicas do carvão vegetal de cada município.....	44
5 CONCLUSÕES .....	47
6 REFERÊNCIAS .....	48
Apêndices.....	53
Apêndice A – Análise estatística das marcas comercializadas em Alegre, Jerônimo Monteiro e Cachoeiro de Itapemirim .....	54
Apêndice B – Análise estatística da comparação das características físicas e químicas do carvão vegetal de cada município.....	54

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Consumo do carvão vegetal no Brasil .....	13
Tabela 2 – Consumo de carvão vegetal por estados .....	15
Tabela 3 – Consumo de carvão vegetal de acordo com os segmentos .....	16
Tabela 4 – Comparação entre os municípios .....	37
Tabela 5 – Densidade relativa aparente, umidade, análise química imediata e poder calorífico superior do carvão vegetal comercializado em Alegre .....	38
Tabela 6 – Análise elementar das marcas comercializadas em Alegre.....	40
Tabela 7 – Densidade relativa aparente, umidade e análise química imediata das marcas comercializadas em Jerônimo Monteiro.....	41
Tabela 8 – Análise elementar das marcas comercializadas em Jerônimo Monteiro .	42
Tabela 9 – Densidade relativa aparente, umidade e análise imediata das marcas comercializadas em Cachoeiro de Itapemirim .....	43
Tabela 10 – Análise elementar das marcas comercializadas em Cachoeiro de Itapemirim .....	44
Tabela 11 – Densidade relativa aparente, umidade e análise imediata das marcas comercializadas em cada município .....	45
Tabela 12 – Análise elementar das marcas comercializadas em cada município .....	46



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Conversão da madeira em carvão vegetal .....	12
Figura 2 – Porcentagem de amostras com diferença de massa em função das marcas em Alegre .....	24
Figura 3 – Massa líquida em função do estabelecimento e dos meses de coleta em Alegre .....	25
Figura 4 – Umidade em função dos estabelecimentos e dos meses de coleta em Alegre .....	27
Figura 5 – Umidade em função das marcas em de Alegre.....	27
Figura 6 – Quantidade de uma forma geral e por marcas comercializadas em Alegre .....	28
Figura 7 – Porcentagem das amostras com diferença de massa em Jerônimo Monteiro .....	29
Figura 8 – Massa líquida em função dos estabelecimentos de Jerônimo Monteiro ..	30
Figura 9 – Umidade de acordo com cada estabelecimento de Jerônimo Monteiro ...	31
Figura 10 – Quantidade de marcas acima de 5% de umidade em Jerônimo Monteiro .....	32
Figura 11 – Porcentagem de tiço de cada marca em Jerônimo Monteiro .....	32
Figura 12 – Porcentagem das amostras com diferença de massa em Cachoeiro de Itapemirim.....	34
Figura 13 – Massa líquida em função do estabelecimento e dos meses de coleta em Cachoeiro de Itapemirim .....	34
Figura 14 – Umidade de acordo com cada estabelecimento em Cachoeiro de Itapemirim.....	36
Figura 15 – Umidade em função das diferentes marcas em Cachoeiro de Itapemirim.....	36
Figura 16 – Porcentagem de tiço de cada marca em Cachoeiro de Itapemirim .....	37

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Fases da conversão da madeira em carvão vegetal .....	8
Quadro 2 – Identificação dos estabelecimentos e de cada marca em função dos municípios .....	23

## 1 INTRODUÇÃO

No mundo, mais de 2 bilhões de pessoas dependem da madeira como fonte de energia, principalmente, nas formas de lenha e de carvão vegetal. Sua demanda persistirá ainda por muitas décadas, sobretudo, nos países em desenvolvimento, onde as pessoas a utilizam para cozinhar e se aquecer. Nesses países, essa biomassa geralmente representa cerca de 1/3 de toda a matriz energética, sendo que em alguns países da África, essa fração chega a 4/5 da matriz e mundialmente, representa cerca de 14% de toda a energia produzida (FAO, 2007).

O carvão vegetal é produzido pelo aquecimento da madeira em fornos com acesso limitado de ar, num processo chamado de carbonização ou pirólise. Esses fornos podem variar muito em estrutura, tamanho e tecnologia, desde primitivos a grandes fornos de alvenaria ou em estrutura metálica com dispositivos de controle de temperatura. O produto final desse processo é o carvão vegetal, que além de possuir um alto poder calorífico em relação à madeira, é inodoro e possui combustão estável e sem fumaça.

Contudo, para a produção do carvão vegetal, há uma grande perda de massa, de energia, além de emissão de gases do efeito estufa, principalmente monóxido de carbono (CO), metano (CH<sub>4</sub>), óxidos de nitrogênio e partículas em suspensão, provenientes da degradação térmica parcial dos constituintes primários e secundários da madeira, que formam os chamados materiais voláteis (PENNISE et al., 2001)

Em ordem decrescente, os setores que mais consomem o carvão vegetal são o industrial, o residencial e o agrícola, sendo o primeiro setor, responsável por mais de 90% do consumo de toda a produção, ressaltando a importância do Estado de Minas Gerais, consumidor de, aproximadamente, 63,5% do total. Tal consumo pode ser explicado pela grande quantidade de siderúrgicas a carvão vegetal instaladas nesse Estado (AMS, 2007).

Em meados do ano de 2004 houve uma queda no consumo do carvão vegetal no Brasil, observada principalmente no setor residencial, entretanto, Brito e Cintra (2004) afirmam que há uma forte tendência ao retorno do uso do carvão vegetal nas residências, principalmente nas classes mais pobres da sociedade onde existem 30 milhões de brasileiros dependentes da energia dessa biomassa.

Somado a isso, a tendência do consumo de carvão vegetal demonstra, nos países em desenvolvimento, que o rápido crescimento urbano está ligado ao aumento da demanda dessa biomassa, por causa de uma relação estreita entre pobreza e acesso à outras formas de energia (FAO, 2008).

Contudo, existem poucos estudos voltados para o controle da qualidade do carvão vegetal para o uso doméstico, sendo encontrados na literatura muitos estudos focados no carvão vegetal para o uso siderúrgico.

## 1.1 O problema e sua importância

Estudos indicam que para o carvão vegetal possuir boa qualidade para o uso doméstico, deve reunir algumas características como: alta densidade relativa aparente; alto teor de carbono fixo; alto poder calorífico; baixa umidade; baixo teor de materiais voláteis e baixo teor de cinzas (RIBEIRO; VALE, 2006).

Todavia, a qualidade do carvão vegetal para o uso doméstico é duvidosa, pois é fato que o controle da carbonização é difícil na maioria dos fornos, produzindo um material heterogêneo, diferindo principalmente em densidade, umidade, composição química, friabilidade, resistência mecânica, reatividade e higroscopicidade (COUTINHO; FERRAZ, 1988). Além disso, a madeira utilizada no processo é heterogênea em relação aos fatores: espécie, idade, dimensões, umidade e densidade, o que contribui para sua carbonização heterogênea, colaborando para a redução da qualidade do carvão vegetal.

Pennise et al. (2001) afirmam em seus estudos que o processo de carbonização libera em sua fumaça mais de 130 substâncias tóxicas, sendo 10 delas classificadas como hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA's), que podem causar câncer, mutações genéticas e desregular o sistema endócrino.

Contudo, não é somente durante o processo de carbonização que há liberação dessas substâncias, ou seja, quando o processo é mal conduzido ou a madeira é muito heterogênea, algumas peças dentro do forno podem não ser carbonizadas por completo, ficando em sua estrutura uma alta concentração de materiais voláteis. Essas peças são conhecidas como ““tiços”” e quando submetidas à degradação térmica durante o preparo de alimentos, podem contaminá-los pela liberação de substâncias tóxicas.

O Código Florestal Brasileiro (2004) descreve que, qualquer cidadão brasileiro que comprar o carvão vegetal, mesmo de florestas plantadas e não exigir do vendedor o registro, nota fiscal e licença válida para comercialização do produto, está incorrendo em crime federal, passível de prisão e multa. Além disso, alguns Estados possuem sua própria legislação, em que exigem selos, certificados e nota fiscal de origem do produto, bem como laudos técnicos para qualquer atividade que contemplem a extração, armazenamento, transporte e produção de quaisquer produtos e subprodutos de origem florestal.

Contudo, não há no Código Florestal Brasileiro (2004) nenhum artigo, decreto de lei ou norma que obrigue os produtores de carvão vegetal a produzir com qualidade satisfatória mínima. Também não há regulamentação quanto a parâmetros, para comparar se o carvão produzido está, ou não, dentro de padrões de qualidade. Contudo, deve-se assegurar que o produto comercializado tenha baixa umidade, baixo teor de materiais voláteis, alto teor de carbono fixo e ausência de “tiços” ou outras substâncias que podem contaminar o homem.

Dessa forma, no que tange à produção, como assegurar que os cidadãos brasileiros estão comprando carvão vegetal de boa qualidade, sem “tiços” ou substâncias tóxicas? Por outro lado, como assegurar que tanto produtores quanto compradores estão seguindo a legislação e não prejudicando o ambiente?

A maioria dos Estados brasileiros carece de estudos para análise da qualidade do carvão vegetal destinado para consumo doméstico, sendo encontrado na literatura estudos a respeito do carvão vegetal para uso industrial, fato este devido à representação econômica que esse insumo possui na produção do aço, que segundo Barcellos e Couto (2006) chega a representar 50% a 60% do custo da produção.

A realidade de estudos relacionados ao uso do carvão vegetal para o consumo residencial não é diferente no Estado do Espírito Santo, sendo o presente estudo o primeiro realizado com tal objetivo. Contudo, no que diz respeito ao uso da lenha, o Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural – INCAPER [2003?], afirma que 24.000 residências capixabas dependem dessa fonte de energia para o preparo de alimentos, o que representa 20% das casas rurais do Estado, além disso, o órgão afirma que havia a necessidade de plantar 11.200 ha para suprir a demanda de lenha daquele ano.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo geral**

Analisar a qualidade do carvão vegetal, destinado ao consumo doméstico, comercializado em três municípios do Estado do Espírito Santo: Alegre; Jerônimo Monteiro e Cachoeiro de Itapemirim.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

Avaliar a densidade relativa aparente, umidade, poder calorífico, análise elementar e a análise química imediata do carvão vegetal.

Analisar o local de venda do produto, o armazenamento, o ambiente em que o carvão se encontra no estabelecimento, as embalagens, a diferença entre marcas, a origem do carvão e o cumprimento da legislação vigente.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 O carvão vegetal

Relatos arqueológicos indicam que a carbonização é o processo químico mais antigo conhecido pelo homem, fato devido a vestígios de carvão vegetal encontrados na França, datados de mais de 30.000 a.C. O fim da Idade da Pedra só foi possível com a produção desse produto, pois sua combustão pode chegar a temperaturas maiores que 1.100°C, permitindo a fundição de minérios. Sendo assim, pode-se afirmar que as Idades do Ferro e do Bronze não teriam acontecido sem o carvão vegetal (PINHEIRO et al, 2006).

Pinheiro et al. (2006) em seus estudos sobre a produção de carvão vegetal, relatam suas várias aplicações, dentre elas: desodorizante, refinamento do açúcar, ingrediente em ração de gado e aves, antídoto para venenos, tratamento contra picadas de cobras ou aranhas, tratamento em infecções de pele e intestinais, filtragem no processo de produção do whisky, entre outras utilidades. Ressaltam que, para o uso dessa biomassa como combustível existem pontos positivos e negativos. Dentre os pontos positivos estão o alto poder calorífico, estabilidade química, baixa emissão de CO<sub>2</sub>, combustão lenta, sem fumaça e inodoro. Com relação aos pontos negativos, pode-se citar a perda de energia na carbonização, a falta de políticas governamentais e a alta pressão ambiental.

Ainda de acordo com os mesmo autores, qualquer tipo de biomassa pode ser transformada em carvão vegetal, contudo, a madeira é amplamente utilizada por causa da sua alta produtividade e qualidade, baixo custo e alta densidade.

Cabe ressaltar que, alguns autores como: Brito (1990); Brito e Cintra (2004); Ferreira (2000); Pinheiro et al. (2006); Souza (2008) afirmam que não há emissão de dióxido de carbono na produção de carvão vegetal, fato esse devido ao seqüestro de carbono das florestas, principalmente as voltadas para a produção de energia, serem maior do que a quantidade de carbono liberado na conversão da madeira em carvão vegetal, acarretando em um balanço zero entre a liberação do CO<sub>2</sub> e a fixação de carbono.

Fontes et al. (2005) denominam o carvão vegetal como sendo o resíduo do processo de pirólise parcial da madeira, conhecido como carbonização ou destilação seca. Nesse processo, a madeira é aquecida na ausência ou na presença

controlada de oxigênio, a temperaturas superiores a 300 °C, liberando vapor d'água, líquidos orgânicos e gases não condensáveis. Brito (1990), relata que nesse processo ocorre uma concentração de carbono, por causa da eliminação de grande parte do hidrogênio e oxigênio contido na madeira.

A qualidade do carvão vegetal pode ser influenciado tanto pelas características da madeira, como pelas características do processo de carbonização. Com relação a algumas características da madeira que afetam a qualidade do carvão vegetal, Pinheiro et al. (2006), descreve que alguns constituintes primários da parede celular, principalmente as holoceluloses, são praticamente volatilizadas decompondo-se termicamente, produzindo os componentes voláteis, carvão e gases. Já o outro constituinte primário, a lignina, é o componente mais estável termicamente da parede celular e o que mais contribui para formação do carvão, pois sua degradação térmica é lenta, estável e é o composto primário que possui em sua estrutura a maior quantidade de carbono.

A densidade é a propriedade física mais importante da madeira, pois possui relações estreitas com a maioria das outras propriedades, sendo de fácil determinação e um excelente critério de seleção para os diferentes usos deste material. Visto isso, Trugilho e Silva (2001) afirmam que a densidade básica é a propriedade física da madeira que mais influência a qualidade do produto final.

Quanto maior a densidade da madeira, melhor o carvão vegetal produzido, pois haverá maior concentração de carbono por unidade de volume, sendo o inverso também verdadeiro. Brito e Barrichelo (1977) afirmam que, para um mesmo volume da madeira, carvões mais densos resultam num maior rendimento da carbonização e mais tarde, em 1980, os mesmo autores demonstraram em outro estudo, carbonizando 10 diferentes espécies de eucalipto em uma mufla, com temperatura máxima de 450°C e com um ciclo total de carbonização de 3 horas, que a densidade básica da madeira possui relação direta com a densidade relativa aparente do carvão vegetal. Por isso, desde 1979 já não se considera a unidade hectare/ano para determinar a produção volumétrica de uma floresta, mas sim, massa seca de madeira/hectare/ano (BRITO; BARRICHELO, 1979).

De acordo Brahan (2002), a densidade possui uma relação direta com a temperatura de ignição. O autor afirma que, quanto maior a densidade do produto, menor o volume de espaços vazios, o que dificulta significativamente a circulação de oxigênio pela peça e, conseqüentemente, menor a possibilidade de ignição.



Geralmente, carvões com baixa densidade entram em combustão com temperaturas mais baixas em razão da maior massa exposta, ou seja, entre peças com mesmas dimensões, a que possui a menor densidade será consumida no menor tempo.

Quanto à composição química da madeira, Brito e Barrichelo (1977) afirmaram que quanto maior a quantidade de lignina e extrativos da madeira, maior será a densidade do carvão, logo, maior será o poder calorífico, o teor de carbono fixo e melhor as propriedades físicas e mecânicas do carvão produzido. Contudo, Trugilho e Silva (2001) ressaltam apenas o teor de lignina como o principal fator para se obter um carvão de boa qualidade.

Já a umidade da madeira é inversamente proporcional à sua combustão, pois boa parte do calor liberado no processo é necessário para a sua retirada. A alta umidade dificulta o processo de carbonização porque, o vapor d'água reduz a temperatura da área de combustão, reduzindo a quantidade de oxigênio e retardando a ignição. Por isso, a umidade é um dos parâmetros mais importantes no comportamento desse combustível (BRAHAN, 2002).

Com relação à friabilidade, sendo essa denominada a característica que o carvão possui de se fragmentar facilmente gerando finos, Oliveira (1977) citado por Coutinho e Ferraz (1988), afirma que essa propriedade é responsável pela perda de 25% do produto final e que ocorre por causa de uma série de fatores, tais como, fabricação, estocagem, peneiramento, transporte, entre outros, sendo , 3,7% de finos gerados nas carvoarias, 5,8% no carregamento e transporte, 6,3% no armazenamento e 9,4% no peneiramento. Os autores ainda concluem, em seu estudo, que a friabilidade se relaciona diretamente com a temperatura de carbonização e com o diâmetro das madeiras utilizadas, ou seja, quanto maior essas duas características, maior a geração de finos.

Doat e Petrof (1975, citados por Brito 1990), descrevem em cinco fases o fenômeno da conversão da madeira em carvão vegetal e seus produtos (Quadro 1), e afirmam que já no final da terceira fase, o processo irá perder em rendimento e as propriedades físicas e mecânicas do carvão irão ser comprometidas, entretanto, haverá o refinamento do carvão com a eliminação do restante dos gases, aumentando o seu teor de carbono fixo. Além disso, o mesmo autor afirma que as variações mais relevantes na produção de carvão vegetal ocorrem em razão da capacidade de produção e do tamanho dos equipamentos, do tipo de material que o

forno foi construído, do nível do controle do processo e da origem do calor necessário para aquecer a carga de madeira no forno.

Ainda na terceira fase, de acordo com o Quadro 1, Pinheiro et al. (2006) afirmam que a reação dentro do forno torna-se termicamente auto-sustentável, liberando calor, fazendo o processo de carbonização acelerar, liberando ainda mais calor. É uma fase de grande liberação de gases, de importantes reações e de formação do alcatrão e do piche, em que o produto final é o carvão vegetal com alto teor de materiais voláteis. Ainda segundo os mesmos autores, a quarta fase é o final do processo de conversão, em que a madeira já se transformou em carvão vegetal com um alto teor de carbono fixo.

Quadro 1 – Fases da conversão da madeira em carvão vegetal

Fase	Temperatura (°C)	Fenômenos e produtos
I	até 200	* Poucas reações importantes; * Perda de umidade; * Fase endotérmica.
II	200 - 280	* Aumento de reações e eliminação de gases; * A madeira passa para a cor marrom arroxeada; * Fase endotérmica.
III	280 - 380	* Importante fase de reações e grande eliminação de gases; * Composição de gases: centenas de componentes químicos orgânicos (alguns recuperáveis). Ex.: Ácido acético, Metanol, Acetona, Fenóis, Aldeídos, Hidrocarbonetos, Alcatrões, etc. * O resíduo final dessa fase já é o carvão vegetal, mas ainda apresenta compostos volatizáveis em sua estrutura; * Fase exotérmica;
IV	380 - 500	* Redução da saída de gases; * O carvão vegetal passa a sofrer uma purificação na sua composição química com a eliminação dos gases voláteis contendo H e O, tornando-se mais rico em carbono fixo em sua estrutura; * Fase exotérmica.
V	acima de 500	* Degradação térmica do carvão; * Término da carbonização e início da gaseificação do carvão; * Fase exotérmica.

Fonte: Adaptado de Doat e Petrof (1975, citados por Brito 1990).

São quatro os fatores que exercem grande influência na carbonização: taxa de aquecimento; tempo de permanência dos produtos de reação; temperatura final e pressão.

O aumento na taxa de aquecimento proporciona o aumento do rendimento dos gases voláteis e, com temperaturas mais elevadas o teor de gases não condensáveis aumenta. Já os gases condensáveis apresentam o comportamento oposto, sua produção aumenta em baixas taxas de aquecimento, alto tempo de permanência e baixas temperaturas (BRITO, 1990). Portanto, se o objetivo da carbonização for a produção do alcatrão e do licor pirolenhoso, deve seguir os últimos parâmetro comentados.

Estudos realizados por Vale et al. (2002), demonstram que a relação entre a temperatura final de carbonização e o poder calorífico é proporcional até certo ponto, a partir do qual o poder calorífico começa a diminuir com o aumento da temperatura. Os autores explicam esse comportamento com base no hidrogênio contido nos materiais voláteis, que possui poder calorífico de 34 cal/kg, enquanto o do carbono fixo é de 7,9 cal/kg. Sendo assim, quando há a saída de grande quantidade de hidrogênio da estrutura do carvão, ocorre uma redução no poder calorífico.

Trugilho et al. (2005), ao estudarem o rendimento e as características do carvão vegetal de 6 clones de *Eucalyptus* em função da posição radial, obtiveram pela análise química imediata os seguintes resultados médios para os clones: teor de carbono fixo de 69,04%; teor de materiais voláteis de 30,78% e teor de cinzas de 0,32%. Por fim, concluíram que o efeito clone foi significativo no rendimento gravimétrico, densidade relativa aparente, teor de carbono fixo e rendimento em carbono fixo; a posição radial teve grande influência na densidade relativa aparente, teor de matérias voláteis, teor de carbono fixo e rendimento em carbono fixo.

Vital et al. (1989) afirmam que a casca da madeira na carbonização traz vantagens e desvantagens quanto à qualidade física e química do carvão vegetal. Como vantagem, há o aumento no rendimento gravimétrico e em carbono fixo e como desvantagem, aumento nos teores de cinzas e do fósforo.

Ribeiro e Vale (2006), compararam em seu estudo a qualidade do carvão vegetal, para o uso doméstico, proveniente de uma serraria do Paraná com amostras de carvões vendidos na região de Brasília. Após determinarem as características do carvão oriundo da serraria, tais como a densidade relativa aparente ( $0,65 \text{ g.cm}^{-3}$ ), umidade (3,99%), teor de cinzas (0,78%), teor de materiais

voláteis (21,70%), teor de carbono fixo (77,52%) e o poder calorífico (7524,53 cal.g<sup>-1</sup>), concluíram que o carvão oriundo da serraria foi de melhor qualidade que aqueles comercializados em Brasília, pois, possuem as características satisfatórias para o uso doméstico, tais como, teor de carbono fixo, poder calorífico e densidade mais elevados; menor teor materiais voláteis, umidade e teor de cinzas.

Todavia, no estudo de Paula, Trugilho e Rezende (2009), que analisaram a qualidade do carvão vegetal para o uso doméstico, vendido na região de Lavras, Minas Gerais – MG, obtiveram o seguinte resultado na análise química imediata: teor de carbono fixo de 54,95%; teor de materiais voláteis de 36,66% e teor de cinzas de 0,94%. Além disso, os resultados da análise elementar foram os seguintes: 75% de carbono; 3% de hidrogênio; 1% de nitrogênio; 0,50% de enxofre e 17% de oxigênio. Concluíram que o carvão vegetal comercializado em Lavras não era de boa qualidade, pois além de apresentar alto teor de umidade (7,45%), materiais voláteis e de cinzas, acarretando num baixo teor de carbono fixo, o carbono elementar encontrado foi baixo, ocasionando em um alto valor de oxigênio elementar.

Ainda segundo os autores supracitados, geralmente os valores encontrados na literatura para a caracterização elementar do carvão vegetal são: 75% de carbono, 3% de hidrogênio, 1% de nitrogênio, 0,5% de enxofre e 17% de oxigênio. Esta caracterização é importante, pois os componentes elementares hidrogênio e carbono cooperam positivamente para o poder calorífico, ao contrário do oxigênio. Já enxofre e nitrogênio contribuem negativamente para saúde humana e para o ambiente (OBEMBERGER et al., 2005).

Santana (2009), afirma que, além da análise química imediata e elementar, outro parâmetro importante na avaliação energética de qualquer biomassa é a relação C/N (carbono/nitrogênio) e C/H (carbono/hidrogênio). A primeira relação demonstra a velocidade com que o elemento nitrogênio volta para o seu ciclo natural, ou seja, quanto menor essa relação mais rápido é sua reciclagem pela natureza. Já a segunda relação demonstra a capacidade do material em liberar energia, ou seja, quanto maior essa relação, mais energético é o material. Visto isso, o autor ao analisar os clones de *Eucalyptus grandis* e *E. urophylla* com diferentes idades, com o objetivo de avaliar poder energético de cada um, obteve as seguintes variações para a relação C/N e C/H, respectivamente 374,77 a 543; 7,29 a 7,40.

## 2.2 Produtos e subprodutos da carbonização

Pinheiro et al. (2006) descrevem os produtos e subprodutos do processo de carbonização da seguinte forma:

O alcatrão é a parte negra e oleosa do condensado, sendo mais denso e viscoso que o licor pirolenhoso, separado desse pela simples decantação e destilação. Como possui um alto número de compostos fenólicos, pode ser utilizado para fins químicos, farmacêuticos, preservativos de madeira, na produção de solventes, tintas, vernizes, combustível para a cocção, geração de vapor, secagem da madeira, eletricidade, iluminação. Além disso, a mistura dos finos do carvão com o alcatrão pode ser utilizada em caldeiras.

O licor pirolenhoso é uma parte aquosa e marrom do líquido condensado. É composto de 80% de água e o restante subdividem-se em ácido acético, metanol e acetona. Possui grande aplicação na agricultura orgânica, pois aumenta a absorção de nutrientes pelas plantas e ainda age como defensivo natural, além de possuir baixo risco de toxidez tanto para o agricultor quanto para o consumidor final.

O ácido acético é utilizado principalmente na indústria química e na produção do pigmento branco, sendo também utilizado em filmes, lacas, plásticos, pele artificial, solventes, curtumes, indústria de inseticidas e sabão. Já o metanol é geralmente utilizado na fabricação de vernizes e lacas, formaldeído e resinas sintéticas.

Briane e Doat (1985, citados por Brito 1990), apresentaram em seu estudo um balanço global da conversação da madeira em carvão vegetal submetido à temperaturas de até 500 °C, em condições laboratoriais, demonstrando que somente 31% da madeira é convertida em carvão vegetal e os outros 69% transformam-se em produtos volatilizados, conforme pode ser observado na Figura 1.

Desses produtos voláteis, aproximadamente 28% são os gases não condensáveis, formados pelo monóxido de carbono, dióxido de carbono, hidrogênio e hidrocarbonetos. Já o restante (82%), corresponde aos gases condensáveis, formados pelo vapor d'água e produtos orgânicos, que por sua vez, são constituídos pelo metanol, ácido acético, aldeídos, breu, piche e diversas substâncias aromáticas e fenólicas.

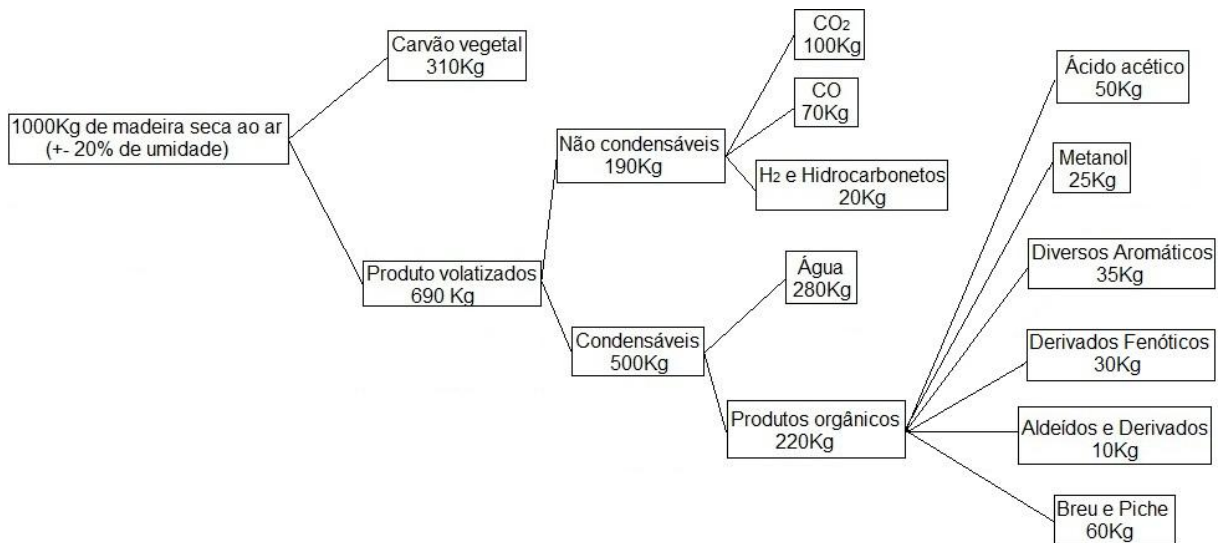


Figura 1 – Conversão da madeira em carvão vegetal

Fonte: Adaptado de Briane e Doat (1985, citados por Brito 1990).

### 2.3 Consumo de carvão vegetal

Em 2008 a lenha representou 12,40% de toda a energia primária do Brasil. Em relação à oferta interna de energia, a lenha, somada com o carvão vegetal corresponderam a 11,60% do total, perfazendo um total de 29.227.000 tep – tonelada equivalente de petróleo. Nesse mesmo ano, foram produzidos 94.279.000 t de lenha, sendo 41,25% desse total transformados em carvão vegetal (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME, 2009).

De acordo com Pinheiro et al. (2006) a utilização do carvão vegetal como combustível chega a mais de 90% do total produzido em todo o mundo. Os mesmos autores defendem esse tipo de uso porque descrevem o produto como sendo um combustível de alto poder calorífico, que possui combustão intensa, de ignição fácil, estável, prolongada e sem fumaça.

O uso do carvão vegetal é a solução para alavancar ainda mais a produção de ferro e aço no país, bem como, aumentar a renda de pequenas propriedades rurais. Atualmente, uma pequena parte do carvão vegetal é produzido em modernas praças de carbonização ou em fornos contínuos, sendo o Brasil o único país do mundo que domina tanto a tecnologia de produção quanto a sua utilização em processos siderúrgicos, entretanto, o carvão vegetal ainda é injustamente

discriminado pelo seu passado, em que homens, mulheres e crianças trabalhavam em condições subumanas (VALENTE, 2009).

Dados do MAPA (2006) revelam uma queda no consumo de carvão vegetal no Brasil no ano de 2005, observada nos segmentos do consumo residencial (47%), na indústria (39%), na agricultura (13%) e no comércio (1%). Dados da Associação Mineira de Silvicultura – AMS (2009) mostram que o consumo de carvão vegetal no ano de 2007 foi superior em mais de 3 milhões de metros de carvão – mdc (quantidade de carvão contida em 1m<sup>3</sup>) em comparação com ano de 2008, conforme pode ser verificado na Tabela 1.

Tabela 1 – Consumo do carvão vegetal no Brasil

<b>Consumo de Carvão Vegetal no Brasil (1.000mdc)</b>						
<b>Ano</b>	<b>Carvão Vegetal de Origem Nativa</b>		<b>Carvão Vegetal de Originário de Florestas Plantadas</b>		<b>Totais</b>	
	Consumo	(%)	Consumo	(%)	Consumo	(%)
<b>1997</b>	5.800,00	24,58	17.800,00	75,42	23.600,00	100,00
<b>1998</b>	8.600,00	32,58	17.800,00	67,42	26.400,00	100,00
<b>1999</b>	8.070,00	30,00	18.830,00	70,00	26.900,00	100,00
<b>2000</b>	7.500,00	29,53	17.900,00	70,47	25.400,00	100,00
<b>2001</b>	9.115,00	34,76	17.105,00	65,24	26.220,00	100,00
<b>2002</b>	9.793,00	36,51	17.027,00	63,49	26.820,00	100,00
<b>2003</b>	12.216,00	41,83	16.986,00	58,17	29.202,00	100,00
<b>2004</b>	19.490,00	52,73	17.430,00	47,27	36.960,00	100,00
<b>2005</b>	18.862,30	49,57	19.188,80	50,43	38.051,10	100,00
<b>2006</b>	17.189,00	48,94	17.936,00	51,06	35.125,00	100,00
<b>2007</b>	17.653,00	48,00	19.125,00	52,00	36.778,00	100,00
<b>2008</b>	15.630,10	46,74	17.339,00	53,26	33.437,20	100,00

Fonte: Adaptado da AMS (2008).

Ainda de acordo com a Tabela 1, no ano de 2008 o consumo brasileiro de carvão vegetal oriundo de florestas nativas correspondeu a ,aproximadamente, 15,5 milhões de mdc, enquanto o de florestas plantadas foi de 17,3 milhões de mdc, representando respectivamente, 46,74% e 52,26% do total produzido pelo País.

Apesar da redução do uso do carvão vegetal, ele representa um importante insumo para o Brasil, que é um dos maiores produtores de aço do mundo, pois a maioria do carvão vegetal produzido é destinado, principalmente, para o setor siderúrgico. Sua importância na produção do aço está no fato do carvão vegetal ser

um excelente termoreductor do minério de ferro, transformando-o em ferro-gusa, principal matéria-prima para a produção do aço, chegando a representar de 50% a 60% do custo total da produção do aço (BARCELLOS; COUTO, 2006).

Coutinho e Ferraz (1988) afirmam que o uso do carvão vegetal na produção do aço traz vários benefícios para o País, entre eles pode-se destacar: o uso de uma fonte renovável de energia; economia de recursos com a importação de reductor fóssil e; alternativa de reductor para o Brasil, visto a baixa qualidade dos seus redutores fósseis.

Entretanto, alguns tipos de carvões podem apresentar certos minerais, como o fósforo e o enxofre, que reagem com as ligas metálicas deixando-as quebradiças, pouco maleáveis e com regiões susceptíveis a trincas e fissuras, bem como, agindo com pedras de carbureto, deixando-as quebradiças, diminuindo sua granulometria e deixando-as inutilizáveis (VITAL et al., 1989).

Brito e Cintra (2004) descrevem o carvão vegetal como uma fonte de energia socialmente mais justa, visto ser uma das fontes energéticas que mais proporcionam emprego por capital investido, acrescentando ainda que, a sua produção nacional possui como principal objetivo, suprir as necessidades externas e aumentar a segurança do suprimento interno de energia.

No ano de 2005, somente as siderúrgicas do Estado de Minas Gerais, entre elas, a Acesita Energética Ltda, Companhia Ferroligas de Minas Gerais, Companhia Siderúrgica Belgo-Mineira, Gerdau Aços Longos S.A., Italmagnésio Nordeste S.A., Metalsider Ltda., Metalsider, Rima Industrial, Saint-Gobain Canalização S.A. e Socoimex, consumiram 25 milhões de metro cúbicos de carvão vegetal, acarretando num déficit final de 140 mil hectares, e, para cobrir essa falta, o Estado precisaria de pelo menos, o dobro de florestas plantadas que possuía naquele ano, sendo suprido por florestas de outros Estados da Federação (AMS, 2007a).

A importância do Estado de Minas Gerais no ano de 2008, no consumo de carvão vegetal no para o Brasil, é ilustrado na Tabela 2 de acordo com dados da AMS (2009). Separando o consumo de carvão vegetal entre os Estados da Federação, observa-se que Minas Gerais (63,5%), juntamente com Maranhão e Pará (28,2%) consumiram mais de 90% do total produzido, fato este em razão das indústrias siderúrgicas a carvão vegetal instaladas nas regiões.

Já o Estado do Espírito Santo, consumiu no ano de 2005 mais de 1 milhão de mcd, contudo, no ano de 2008 esse consumo caiu para apenas 850 mil mdc, fato



que segundo a AMS (2009), foi causado pela crise mundial daquele ano. Entretanto, há uma tendência desse consumo aumentar no Estado, passando do total alcançado em 2005, pois aos poucos as empresas estão retomando a sua capacidade produtiva e uma nova empresa será instalada em 2010, perfazendo um total de 4 siderúrgicas no Estado.

Tabela 2 – Consumo de carvão vegetal por estados

Consumo de Carvão Vegetal em 1.000 mdc								
Estados	2005		2006		2007		2008	
	Consumo	(%)	Consumo	(%)	Consumo	(%)	Consumo	(%)
<b>MG</b>	25.158,00	67,50	21.017,00	61,06	21.908,00	61,16	20.935,00	63,50
<b>SP</b>	204,00	0,55	210,00	0,61	180,00	0,50	125,00	0,38
<b>RJ</b>	399,00	1,07	358,00	1,04	368,00	1,03	280,00	0,85
<b>ES</b>	1.456,00	3,91	1.113,00	3,23	1.058,00	2,95	850,00	2,58
<b>BA</b>	432,00	1,16	562,00	1,63	492,00	1,37	438,20	1,33
<b>MS</b>	750,00	2,01	780,00	2,27	892,00	2,49	1.050,00	3,18
<b>MA/PA</b>	8.272,00	22,19	9.780,00	28,41	10.340,00	28,87	9.291,00	28,18
<b>Outros</b>	600,00	1,61	580,00	1,69	580,00	1,62	*	*
<b>Totais</b>	37.271,00	100,00	34.420,00	100,00	35.818,00	100,00	32.969,20	100,00

\* Dados indisponíveis

Fonte: Adaptado da AMS (2009).

Como pode ser observado na Tabela 3, o setor que mais utilizou o carvão vegetal como insumo no País, entre 2007 e 2008, foi o industrial, mais especificamente o de produção independente de ferro-gusa, chegando a consumir 72,30% de toda a produção, seguido dos setores de usinas integradas de aço e de ferroligas, que somados correspondem a apenas 23,40% do total.

Ainda na Tabela 3, cabe ressaltar a importância do segmento “outros”, correspondente às churrascarias, forjas artesanais, calcinação, indústria cimenteira e indústria de acetileno, que consumiram 2,1 milhões de mdc, o que representou 5,87% de todo carvão produzido do ano de 2007. Além disso, no ano 2000, 9% de todo carvão vegetal produzido no país foi consumido pelas residências com a finalidade de cocção (MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2006).

Tabela 3 – Consumo de carvão vegetal de acordo com os segmentos

<b>Consumo de Carvão Vegetal pelos Segmentos Industriais (1.000mdc)</b>				
<b>Segmentos</b>	<b>2007</b>		<b>2008</b>	
	<b>Consumo</b>	<b>(%)</b>	<b>Consumo</b>	<b>(%)</b>
<b>Usinas integradas de aço</b>	5.527,00	15,03	5.710,00	17,32
<b>Prod. Indenpen. de ferro-gusa</b>	25.706,00	69,90	23.826,50	72,27
<b>Ferroligas</b>	3.097,00	8,42	3.152,70	9,56
<b>Tubos de ferro nodular</b>	288,00	0,78	280,00	0,85
<b>Outros</b>	2.160,00	5,87	*	*
<b>Totais</b>	36.778,00	100,00	32.969,20	100,00

\*Dados indisponíveis

Fonte: AMS (2009).

Objetivando a utilização da madeira como fonte de energia, Brito e Cintra (2004) afirmam que o setor residencial é o segundo do Brasil em consumo, perdendo apenas para o setor siderúrgico. Contudo, com a vinda do GLP (Gás Liquefeito de Petróleo), nos últimos anos, houve queda no consumo do carvão vegetal, em consequência da sua substituição na maioria dos lares brasileiros. Entretanto, os mesmos autores comentam que há uma forte tendência ao retorno do uso do carvão nas residências, principalmente nos grupos mais pobres da sociedade, pois existem mais de 30 milhões de brasileiros dependentes da energia dessa biomassa.

Ainda segundo os autores supracitados, em terceiro lugar do consumo encontra-se a agricultura, usando o carvão, principalmente, com a finalidade de secar grãos, sendo esse consumo praticamente constante. Contudo, esse setor ainda carece de estudos voltados para a sua área, não sendo seguros os dados encontrados na literatura.

## 2.4 Legislação para o carvão vegetal

Cada Estado da Federação possui sua própria legislação no que diz respeito à produção do carvão vegetal, exigindo selos, certificados, registros, documentos, notas fiscais, guias, entre outras exigências, para que se possa ter controle da produção, da comercialização e de crimes cometidos ao ambiente para a produção de carvão vegetal. Contudo, todas essas leis são subordinadas ao Código Florestal Brasileiro.

O Código Florestal Brasileiro menciona no art.12 que, a fabricação do carvão vegetal de florestas plantadas é livre, desde que essa área não seja de preservação permanente. Além disso, empresas que possuem o carvão como insumo são obrigadas a manter florestas próprias para o seu suprimento. Receber, armazenar, transportar e vender carvão vegetal sem exigir o registro, nota fiscal e licença válida é crime punível com 3 meses a 1 ano de reclusão, com multa que pode chegar a 100 vezes o salário mínimo (BRASIL, 2004).

A Deliberação Normativa do Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM nº 103, de 08 de novembro de 2006, delinea que a de produção de carvão vegetal de florestas plantadas é uma atividade de médio potencial poluidor, além disso, divide o porte da empresa de acordo com a produção anual da seguinte forma: i) para produção entre 10.000 mdc/ano e 50.000 mdc/ano é considerado pequeno porte; ii) médio porte para a produção entre 50.001 mdc/ano e 100.000 mdc/ano; iii) grande porte para a produção maior que 100.000 mdc/ano.

Ainda de acordo com o COPAM, a produção de carvão vegetal oriundo de florestas nativas também é uma atividade de médio potencial poluidor, sendo o porte da empresa dividido em três categorias: i) pequeno porte para a produção entre 500 mdc/ano e 5.000 mdc/ano; ii) médio porte para a produção entre 5.001 mdc e 25.000 mdc/ano e iii) grande porte para empresas com produção maior que 25.000 mdc/ano.

A Instrução Normativa do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA nº112, de 21 de Agosto de 2006, regulamenta que para o produtor de carvão vegetal de origem nativa torna-se necessário o Documento de Origem Florestal do produto, conhecido como DOF, que contém informações sobre a origem do carvão para melhor controle do transporte e armazenamento. Esse documento será identificado pelo código de controle gerado

pelo sistema e deve vir acompanhado da expressão “preto”, caracterizando-o como carvão vegetal (BRASIL, 2006). Quanto aos grandes consumidores, segundo a Instrução Normativa IBAMA nº 187, de 10 de setembro de 2008, caso identifique diferença de 10% entre o volume de origem e o de destino contidos no DOF e na nota fiscal, deverá recusar a carga e prestar queixa na unidade do IBAMA de sua jurisdição (BRASIL, 2008).

O Estado do Espírito Santo, de acordo com a Instrução Normativa do Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Espírito Santo – IDAF nº 003, de 22 de julho de 2008, com o objetivo de controlar a produção e os estabelecimentos de produção de carvão, levando em conta o grande número de pequenos e grandes produtores, a localização dos fornos, o licenciamento ambiental e os riscos que essa atividade pode provocar a saúde humana e ao ambiente, define alguns regulamentos e descrevem algumas definições.

Ainda de acordo com a Instrução Normativa supracitada, o IDAF define a produção de carvão vegetal como sendo aquela que transforma produto ou subproduto florestal, como a madeira ou a lenha em carvão vegetal. Já o carvão vegetal é descrito como o produto de cor negra obtida pela carbonização da madeira ou lenha, enquanto o forno é definido como a estrutura física, podendo variar em tamanho, comprimento e forma.

Para o licenciamento ambiental, ainda segundo o IDAF, algumas restrições quanto ao local de instalação dos fornos devem ser seguidas, tais como, não devem ser construídos a menos de 300 m das rodovias federais, 200 m das rodovias estaduais, além de também fixar certa distância em relação às sedes dos municípios e núcleos. Caso a empresa tenha tecnologia de reaproveitamento e controle dos gases, ela pode ter o benefício de se instalar dentro das áreas de restrições, contudo, a presente instrução normativa deixa claro que em qualquer situação, tanto para empresas que estejam fora do limite quanto para aquelas que estão dentro do limite, caso afete de alguma maneira a saúde o bem estar da população, o órgão pode exigir a implantação de equipamentos para melhorar o controle dos gases ou ainda, fechar a empresa.

O Decreto nº 608-R do IDAF, de 09 de março de 2001, regulamenta o registro imprescindível de pessoas físicas e jurídicas que utilizem qualquer forma ou comercializem o carvão vegetal, excluindo pessoas que desenvolvam atividades artesanais, individualmente, que não empregam outras pessoas e consumidores

domésticos de lenhas. O consumo ou a utilização de carvão vegetal é classificado, assim como o COPAM, de acordo com a quantidade produzida ou consumida, sendo considerado; i) pequeno consumidor:utilizador para a produção menor que 200 mdc/ano; ii) médio consumidor:utilizador entre 200 mdc e 4.000 mdc/ano e iii) grande consumidor:utilizador maior que 4.000 mdc/ano.

No Estado de Minas Gerais a Portaria do Instituto Estadual de Florestas – IEF nº. 106, de 02 de setembro de 2002, instituiu o Selo Ambiental Autorizado (SAA) e a Guia de Controle Ambiental (GCA), o primeiro com o objetivo de controlar e o segundo com o objetivo de legalizar o transporte, armazenamento, comercialização e transferência de produtos e subprodutos florestais, inclusive o carvão vegetal.

Diante do exposto, é fato afirmar que o Estado de Minas Gerais possui uma legislação estadual rigorosa quando comparada com a do Espírito Santo, sempre exigindo, além do cumprimento da legislação federal, selos certificados para o total controle do carvão vegetal desde a sua produção até o consumidor final.

A Lei nº 8.078, de 11 de setembro de 1990 que dispõe sobre o Código de Defesa do Consumidor (CDC), o artigo 6º deixa claro que todo consumidor possui o direito de informação aberta e adequada de todos os produtos, bem como a correta especificação da quantidade, composição, preço e os riscos de cada produto. Além disso, segundo o art. 9º, todos os produtos que podem ser nocivos ou perigosos à saúde humana, o produtor deverá informar ao consumidor o seu potencial de periculosidade de maneira clara e visível. Consta nos art. 18º e art. 19º que todos fornecedores de bens duráveis e não duráveis são responsáveis pela diferença que ocorrer entre as informações descritas nas embalagens com as que realmente possuem o produto, independentemente da sua natureza, ou seja, se o produto não apresentar exatamente o valor que está descrito na embalagem, o consumidor está sendo lesado.

Quanto às características da embalagem, de acordo com a portaria nº 204 MT, de 20 de maio de 1997, o carvão vegetal é considerado, pelo Ministério do Transporte, um produto passível de auto-ignição e que merece ser transportado em embalagens resistentes, que suportam queda, pressão, rasgo e que sejam devidamente vedadas.

No ano de 2003, o Estado de São Paulo criou o Selo Premium para o carvão vegetal, promulgado pela Resolução nº10 SAA, de 11 de julho de 2003, que determina alguns padrões mínimos que esse produto deve ter para ganhar o selo, o

qual representa o sistema de qualidade dos produtos agrícolas de São Paulo. Nessa resolução, a umidade do carvão vegetal deve estar abaixo de 5,00%, o teor de carbono fixo (TCF) deve ser maior que 75,00%, teor de materiais voláteis (TMV) e o teor de cinzas devem ser menores que 23,50% e 1,50% respectivamente.

### 3 METODOLOGIA

Quanto aos fins, a pesquisa classificou-se como descritiva e explicativa, pois buscou tornar claro os fatores que influenciam na qualidade do carvão vegetal. Como qualitativa, visto que busca descrever, interpretar e comparar as características do carvão vegetal com dados existentes na literatura. Quanto aos meios, classificou-se como bibliográfica, documental e experimental pois buscou, recolheu e apresentou informações para análise em laboratório.

Foram adquiridas amostras de carvão vegetal disponíveis em quatro diferentes estabelecimentos dos seguintes municípios do Estado do Espírito Santo: Alegre; Jerônimo Monteiro e Cachoeiro de Itapemirim de 30 em 30 dias. A quantidade de amostras coletadas por estabelecimentos foi de acordo com a variedade de marcas que cada um disponibilizava para o consumidor. As amostras foram identificadas e encaminhadas ao Laboratório de Energia da Biomassa do Departamento de Engenharia Florestal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (DEF/CCA/UFES), localizado no município de Jerônimo Monteiro/ES.

Para analisar as diferenças entre as marcas, foram avaliadas as características do carvão vegetal e as embalagens. Para identificar se as embalagens possuíam todas as informações pertinentes ao produto, foram verificadas as seguintes características: registro do produtor junto ao órgão responsável do Estado de origem, selo de origem florestal, endereço da empresa, avisos importantes, peso e procedência do carvão, e se estas especificações estavam de acordo com a legislação.

O armazenamento do produto foi analisado com base no local em que se encontrava disponível no estabelecimento, se estava em contato direto com o piso ou se estava em um ambiente com alta umidade relativa.

No cumprimento da legislação, o dono da empresa foi indagado se exige a nota fiscal e a licença válida do órgão responsável pela liberação da produção, transporte e venda do produto.

Foi realizada a análise química imediata do carvão conforme a Norma Brasileira Regulamentadora – NBR 8112 (Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, 1983).

A densidade relativa aparente foi determinada nas amostras utilizando o procedimento de imersão em água, descrito na NBR 11941 (ABNT, 2003).

O poder calorífico superior foi determinado por meio de um calorímetro conforme o procedimento descrito na NBR 8633 (ABNT, 1983).

A análise elementar (teor de carbono, hidrogênio, nitrogênio, enxofre e, por diferença, o teor de oxigênio), foi determinada com amostras de 0,3 mg no equipamento da marca Elementar®, no Laboratório de Energia da Biomassa da Universidade Federal de Lavras.

A análise estatística dos dados obtidos foi processada por meio do Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas (SAEG), desenvolvido pelo Centro de Processamento de Dados da Universidade Federal de Viçosa. Foi utilizada a análise de variância (teste F) a 5% de significância e quando os dados foram significativos, foi empregado o teste de Tukey a 5% de significância para a comparação de médias.



## 4 RESULTADOS DA PESQUISA

Para melhor entendimento dos resultados, cada estabelecimento e cada marca coletada dos diferentes municípios foram identificadas de acordo com o Quadro 2.

Quadro 2 – Identificação dos estabelecimentos e de cada marca em função dos municípios

Município	Estabelecimento	Marca
Alegre (AI)	AI1	3A
	AI2	2A
	AI3	1A
	AI4	3A
Jerônimo Monteiro (JM)	JM1	1B
	JM2	2B
	JM3	3A
	JM4	4B
Cachoeiro de Itapemirim (CI)	CI1	1C
	CI2	1A
	CI3	1A
	CI4	1A e 4C

Fonte: Elaborado pelo autor.

Como pode ser observado no Quadro 2, os estabelecimentos AI1 e AI4 comercializavam a marca 3A no município de Alegre (AI). No município de Jerônimo Monteiro (JM), o estabelecimento JM3 comercializava a mesma marca 3A que o estabelecimento AI4 e no município de Cachoeiro de Itapemirim (CI), os estabelecimentos CI2, CI3 e CI4 vendiam a mesma marca 1A do estabelecimento AI3.

## 4.1 Diferenças entre marcas e estabelecimentos

### 4.1.1 Município de Alegre

Nos quatro estabelecimentos, foram adquiridos somente três tipos de marcas diferentes, perfazendo um total de 25 amostras. Cabe ressaltar que, em certas datas da coleta alguns estabelecimentos estavam em falta do produto.

Analisando as amostras em função das diferentes marcas, como pode ser observado na Figura 2, a marca 3A apresentou 40% das suas amostras com a massa inferior daquela descrita na embalagem, o que representou 24% de todas as amostras coletas no município de Alegre, já as marcas 1A e 2A não apresentaram esse comportamento. Assim, é correto afirmar que a marca 3A contribui para a baixa qualidade do carvão vegetal comercializado neste município no que tange à massa líquida do produto.

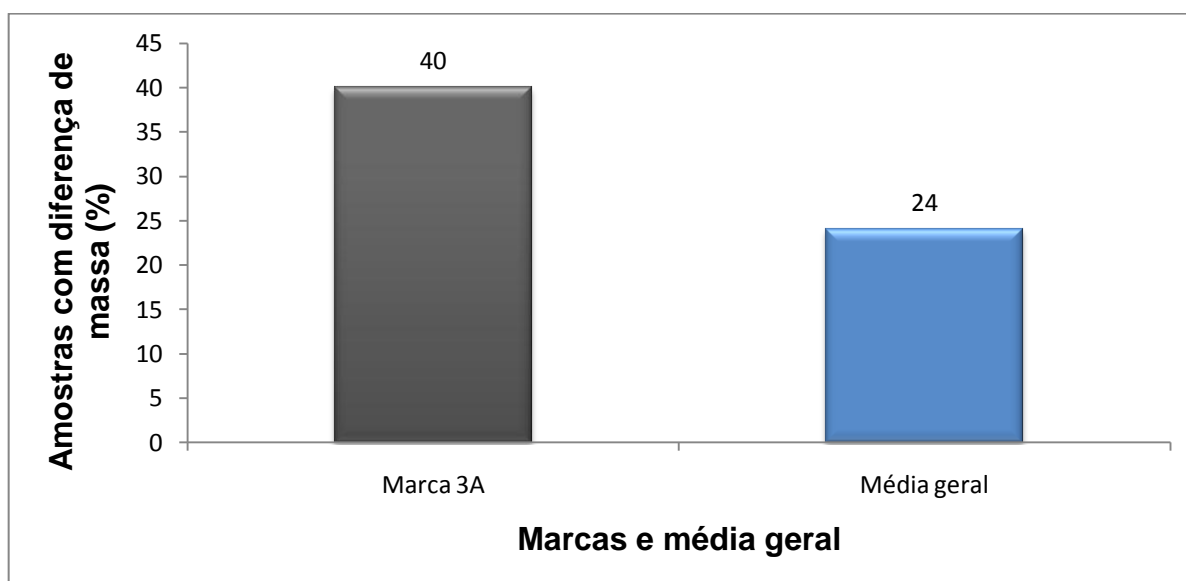


Figura 2 – Porcentagem de amostras com diferença de massa em função das marcas em Alegre

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quando cada estabelecimento é avaliado de acordo com a massa do produto que oferece, como pode ser observado na Figura 3, os estabelecimentos AI1 e AI4 disponibilizaram amostras com a massa inferior àquela descrita na embalagem, pois ambos comercializavam a marca 3A. Desta forma, pode-se inferir que o quesito estabelecimento não interfere na qualidade do carvão vegetal, pois o

estabelecimento A11, de pequeno porte, comercializa a mesma marca que o estabelecimento A14, de grande porte que pertence a uma rede de supermercados.

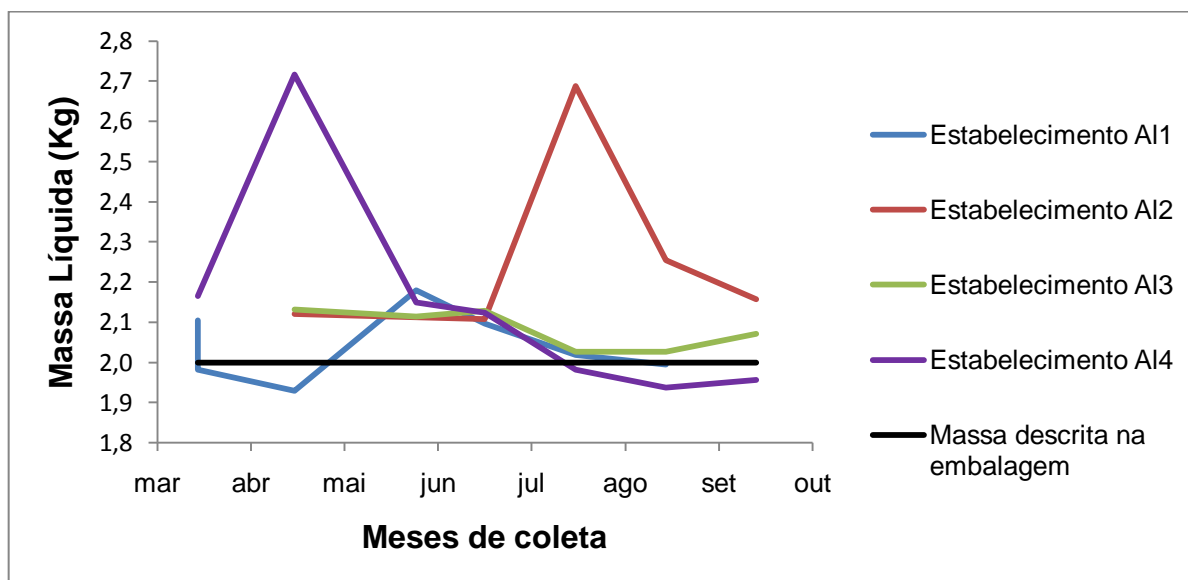


Figura 3 – Massa líquida em função do estabelecimento e dos meses de coleta em Alegre

Fonte: Elaborado pelo autor.

Em relação às especificações e as informações pertinentes às embalagens, todas as marcas apresentaram informações como: o número de registro no órgão ambiental e federal; endereço; nome da empresa; Cadastro Nacional de Pessoas Jurídicas – CNPJ e telefone. Contudo, de acordo com o Código de Defesa do Consumidor – CDC, todas as embalagens devem apresentar de forma explícita, clara e visível o perigo que o produto pode causar à saúde humana. Visto isso, apenas a marca 2A apresentou o símbolo de risco na embalagem, entretanto se encontrava impresso entre as dobras laterais da amostra, não sendo suficientemente visível.

Sendo o carvão vegetal considerado, pelo Ministério do Transporte, um produto passível de auto-ignição e que deve ser transportado em embalagens resistentes, que suportam queda, pressão, rasgo e que sejam devidamente vedadas, todas as marcas foram condenadas, ou seja, não estavam dentro do padrão de especificações. Além disso, algumas amostras apresentaram a embalagem rasgada ou com vários furos, expondo o carvão a umidade do ambiente e afetando as condições das embalagens em perfeito estado.

Não foi possível perguntar aos donos dos estabelecimentos se eles exigiam a nota fiscal e o DOF do fornecedor, pois em todas as visitas eles não estavam disponíveis para entrevistas ou não se encontravam no local.

Todos os estabelecimentos não armazenavam o carvão vegetal em contato direto com o piso, contudo localizavam-se próximo ao setor de frios, que contém uma alta umidade relativa podendo influenciar de forma negativa na qualidade do produto. Esta localização é uma forma estratégica de *marketing* do produto, pois estando próximo ao setor de carnes, o torna mais acessível ao consumidor.

Como pode ser observado na Figura 4, a maioria dos estabelecimentos possuíam seus produtos com umidade acima da estabelecida pelo Selo Premium, contudo, o estabelecimento AI4 foi o único que apresentou o carvão vegetal com a umidade nos parâmetros adequados. Além disso, quando é analisado o carvão vegetal em função da sua marca – Figura 5, percebe-se que 24% do carvão vegetal comercializado em Alegre apresentou umidade acima do estipulado pelo Selo Premium, em que 40% das amostras da marca 1A e 20% das amostras das marcas 2A e 3A apresentaram alta umidade.

Dessa forma, é interessante questionar porque o estabelecimento AI4 foi o único capaz de comercializar o carvão dentro dos parâmetros de umidade, se as amostras foram coletadas na mesma data e a marca que ele disponibilizava, era a mesma que comercializam os estabelecimentos AI1. Uma provável causa está no fato de que, apesar do empreendimento AI4 ofertar o carvão vegetal perto da área de frios, ao lado das amostras encontrava-se um *freezer* horizontal, onde o ar quente que era expulso pelo ventilador do motor era jogado contra as amostras de carvão vegetal. Como as embalagens se encontravam furadas, pode ter ocorrido a troca de umidade do carvão para o meio em que se encontrava.

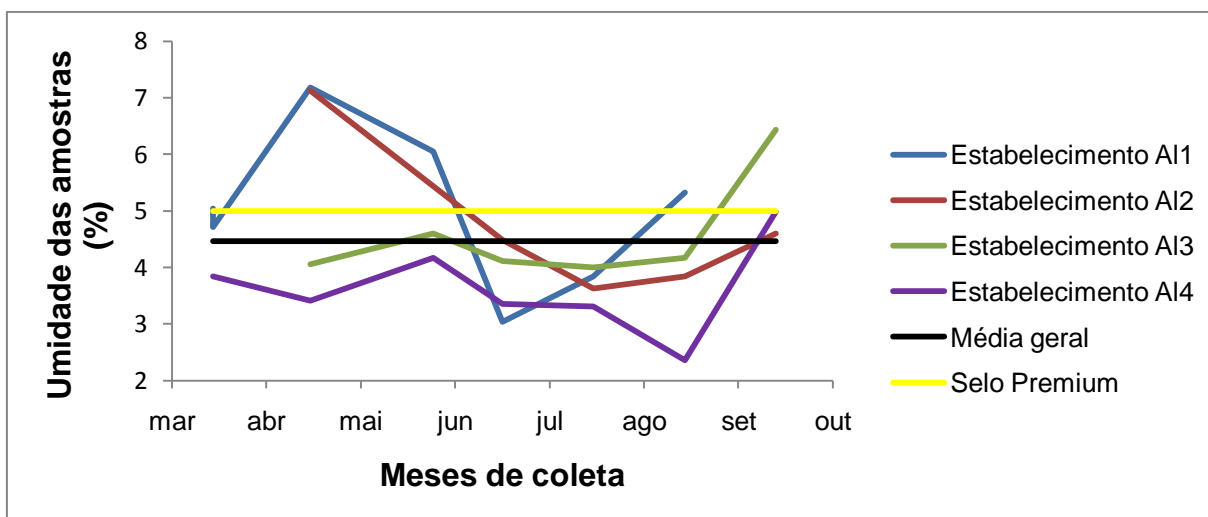


Figura 4 – Umidade em função dos estabelecimentos e dos meses de coleta em Alegre

Fonte: Elaborado pelo autor.

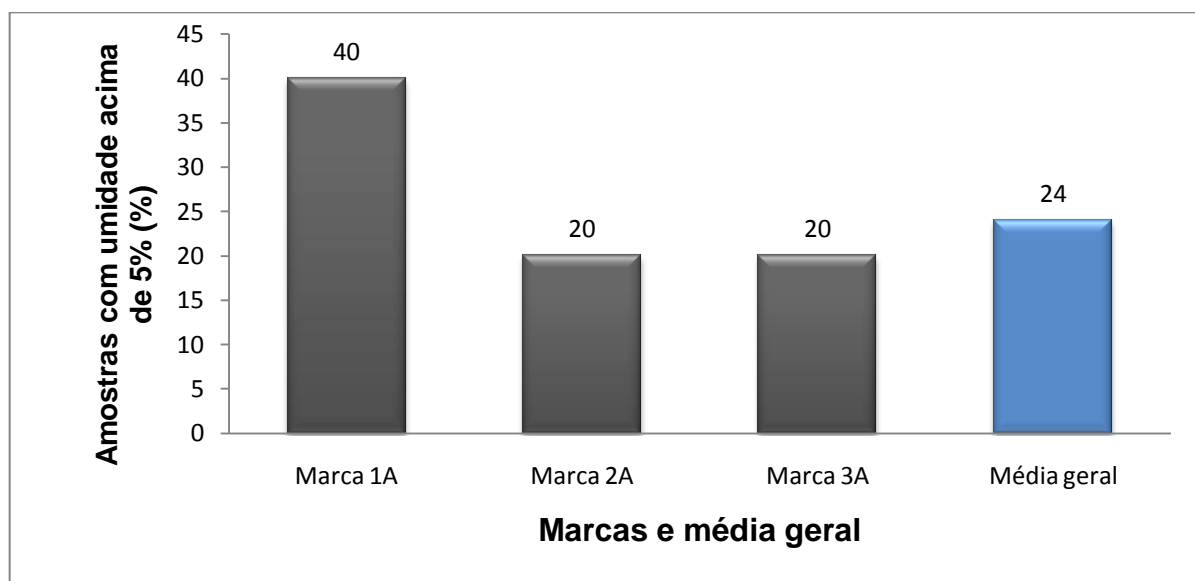


Figura 5 – Umidade em função das marcas em de Alegre

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quanto aos “tiços”, somente a marca 2A não apresentou qualquer indicio deste tipo de produto, contudo, a marca 1A e a marca 3A apresentaram do total coletado 20% e 33% respectivamente, com a presença de “tiços”. Além disso, 50% das amostras que apresentaram tiço estavam com a massa líquida menor. De uma forma geral, ao se fazer uma análise do carvão comercializado no município de Alegre, verifica-se que 24% do produto ofertado continha a presença de “tiços” –

Figura 6. Visto a alta ocorrência de “tiços” na marca 3A, pode-se afirmar que a mesma eleva a média dos produtos ofertados com tiço no município, o que contribui para a redução da qualidade do carvão vegetal.

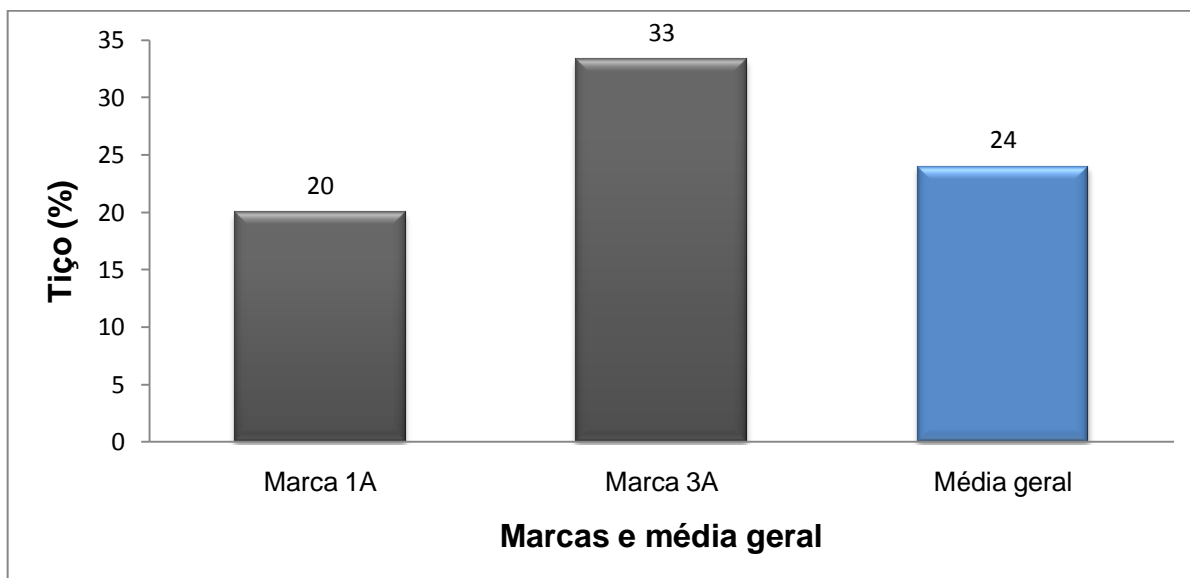


Figura 6 – Quantidade de uma forma geral e por marcas comercializadas em Alegre  
Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.1.2 Município de Jerônimo Monteiro

Nos quatro diferentes estabelecimentos, foram adquiridos quatro tipos diferentes de marcas, perfazendo um total de 14. Foram coletadas menos amostras do que o esperado, pois, houve falta do produto em alguns estabelecimentos durante a coleta.

Analisando as amostras em função das diferentes marcas (Figura 7), a marca 2B, 3A e 4B apresentaram, respectivamente, 100%; 75% e 50% das suas amostras com a massa inferior à descrita na embalagem, o que representou 57% de todas as amostras coletas no município de Jerônimo Monteiro. A marca 3A foi a que apresentou a maior porcentagem de diferença de massa, chegando a 4,5%. Cabe ressaltar ainda, que esta marca corresponde à mesma coletada no município de Alegre, que também apresentou os maiores contrastes em relação a massa líquida.

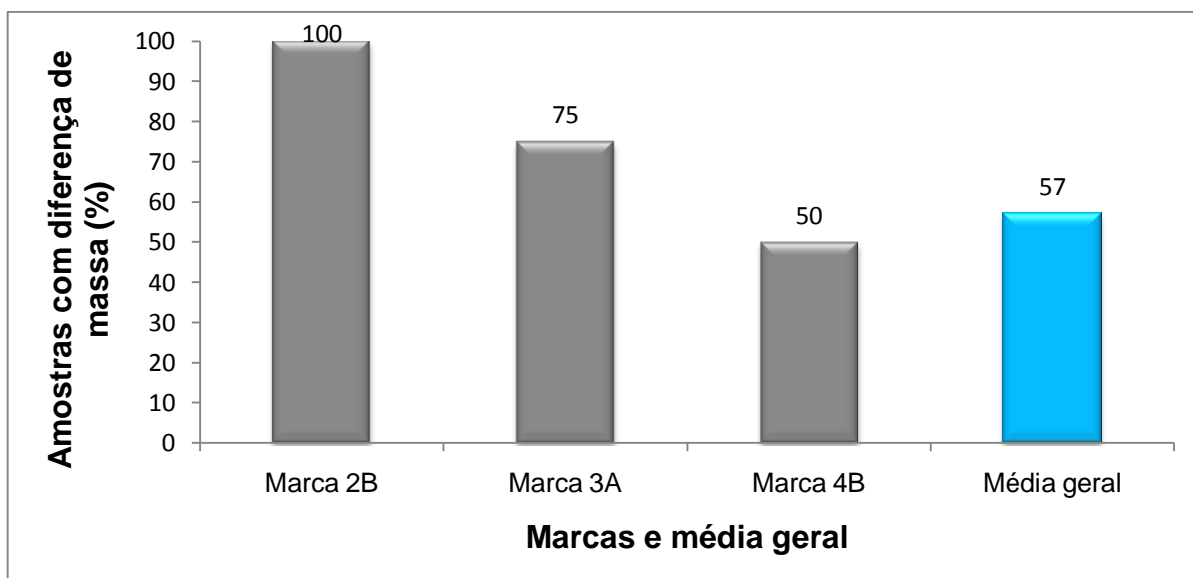


Figura 7 – Porcentagem das amostras com diferença de massa em Jerônimo Monteiro

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quando se avalia cada estabelecimento de acordo com a massa do produto que oferecem, como pode ser observado na Figura 8, apenas o estabelecimento JM1 vendia amostras ao consumidor que seguiam a descrição da massa conforme a embalagem, visto que trabalhou somente com a marca 1B, que não apresentou qualquer diferença na massa líquida.

Cabe observar que o estabelecimento JM1 faz parte da mesma rede de supermercados que o estabelecimento AI3, que apesar de trabalharem com marcas diferentes, comercializaram amostras conforme as especificações. Contudo, os estabelecimentos JM3 e AI4 também fazem parte de outra rede de supermercados e, como comercializavam a mesma marca 3A nas diferentes municípios, forneceram amostras que distorciam da massa nominal.

No que se refere às especificações e às informações pertinentes às embalagens, nenhuma das marcas apresentou o símbolo de risco e algumas amostras tinham furos na embalagem. A marca 2B não apresentou qualquer informação em sua embalagem referente ao produto.

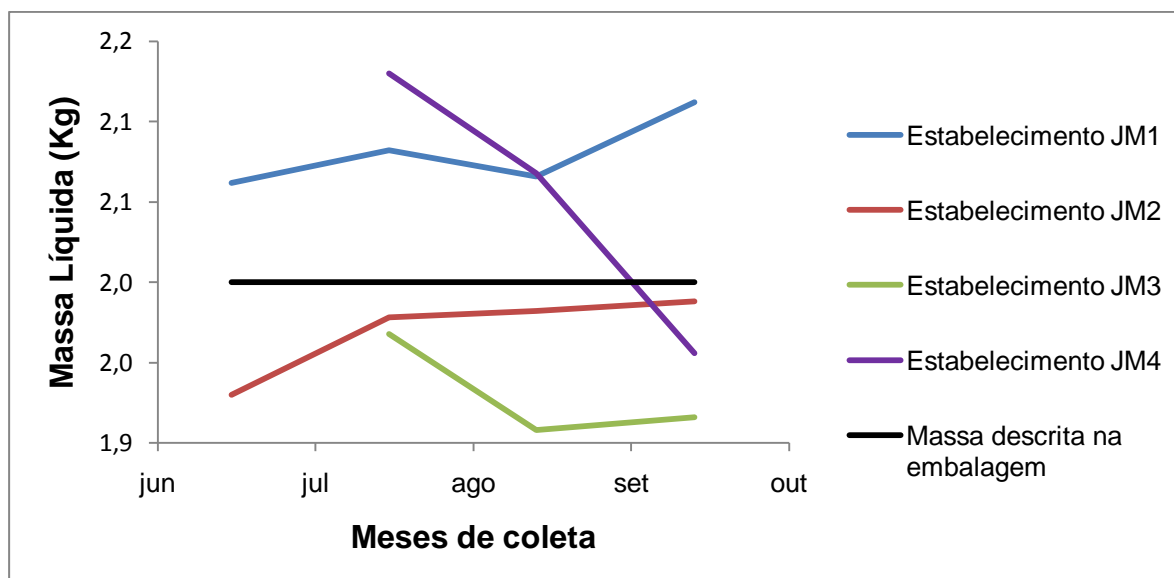


Figura 8 – Massa líquida em função dos estabelecimentos de Jerônimo Monteiro  
 Fonte: Elaborado pelo autor.

O estabelecimento JM2, que comercializa a marca 2B, aproveitava os resíduos de uma serraria, como aparas, costaneiras e pequenas peças para a produção de carvão vegetal. Todo o carvão produzido era embalado em saco plástico transparente de 8kg e guardado em uma galpão com baixa iluminação, pouca ventilação e alguns dos produtos estavam em contato direto com o piso. Para a aquisição de amostras de 2kg, o cliente deveria levar uma embalagem qualquer para retirado do produto. Visto isso, foi observado que o dono do estabelecimento não seguia qualquer tipo de legislação no que se refere à produção, comercialização e armazenamento do carvão vegetal. Cabe ressaltar que a serraria processava tanto madeiras nativas quanto exóticas.

O estabelecimento JM1 afirma não conhecer as leis sobre o transporte, armazenamento e a compra do carvão vegetal, por isso nunca exigiu nenhum documento ou certificado dos distribuidores, contudo, vale lembrar que, quando uma lei é publicada no Diário Oficial da União, nenhum cidadão brasileiro pode alegar o seu desconhecimento. Já os donos dos estabelecimentos JM3 e JM4 não foram encontrados para entrevista.

Em relação aos locais onde cada empreendimento disponibilizava o carvão vegetal para o consumidor, nos estabelecimentos JM1 e no JM3 o produto se encontrava próximo do setor de frios, expondo-o a alta umidade relativa, seguindo o mesmo sistema de *marketing* e acessibilidade do produto dos estabelecimentos AI3



e AI4 de Alegre, respectivamente. Já no estabelecimento JM4, o carvão vegetal se localizava no lado de fora do estabelecimento, ao lado da porta e em contato direto com o piso.

Como pode ser verificado na Figura 9, a maioria dos estabelecimentos comercializou o carvão vegetal acima da umidade estabelecida pelo Selo Premium, contudo, a média das umidades das amostras ficou abaixo de 5%. Além disso, verifica-se um padrão de aumento da umidade em todas as marcas entre os meses de agosto a outubro, que segundo o Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2009), são os meses de ocorrência de chuvas no Estado do Espírito Santo. Vale lembrar que o município de Alegre também seguiu um padrão de aumento da umidade do carvão vegetal no mesmo intervalo de tempo (Figura 4). Com isso, é correto afirmar que, para os municípios de Alegre e Jerônimo Monteiro, a umidade do carvão vegetal é variável dependendo do local de armazenamento e das condições atmosféricas da região.

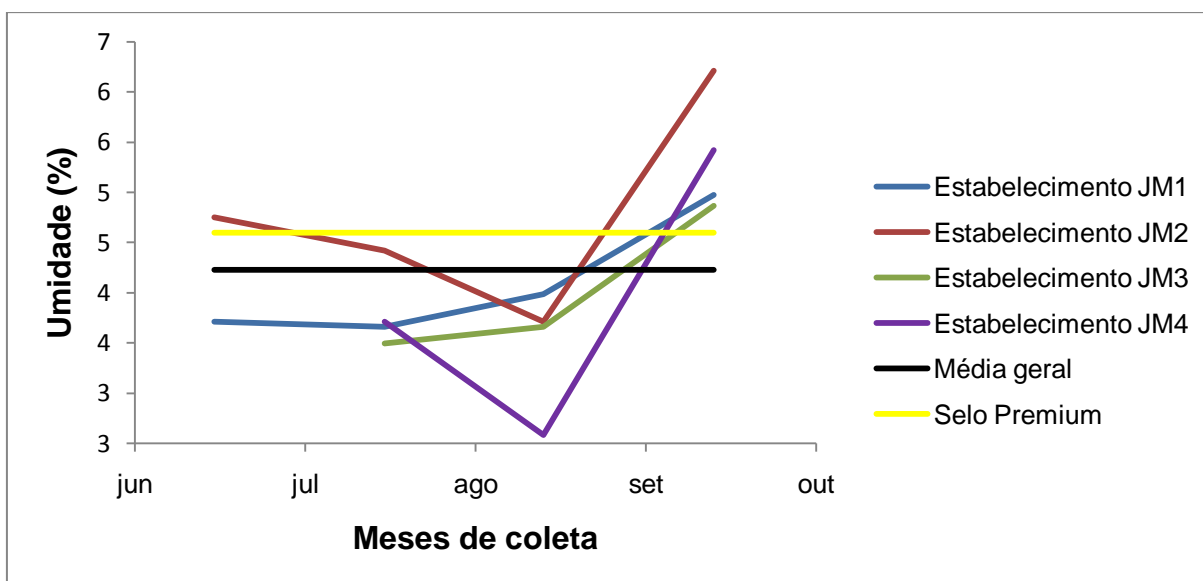


Figura 9 – Umidade de acordo com cada estabelecimento de Jerônimo Monteiro

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quando é avaliada a umidade do carvão vegetal em função da sua marca – Figura 10, nota-se que 36% do carvão vegetal comercializado no município de Jerônimo Monteiro apresentou umidade acima do estipulado pelo Selo Premium, em que metade das amostras de marcas 2B e 4B, bem como 25% das amostras da marcas 1B e 3A apresentaram umidade acima de 5%.

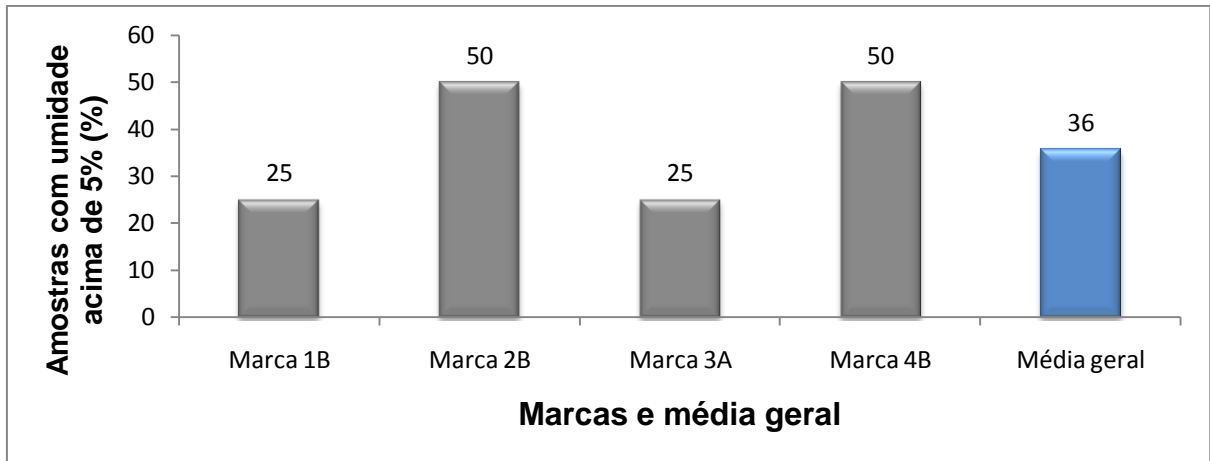


Figura 10 – Quantidade de marcas acima de 5% de umidade em Jerônimo Monteiro  
Fonte: Elaborado pelo autor.

Quanto aos “tiços”, somente a marca 4B não apresentou qualquer indicio deste tipo de produto, contudo, as marca 1B , 2B e a marca 3A apresentaram do total coletado 25%; 25% e 67% respectivamente, das amostras com “tiços”. Além disso, 37,50% das amostras que apresentaram tiço estavam com a massa líquida menor. De uma forma geral, ao se fazer uma análise do carvão comercializado no município de Jerônimo Monteiro, verifica-se que 29% do produto ofertado contém a presença de “tiços” – Figura 11. Visto a alta ocorrência de “tiços” na marca 3A, pode-se afirmar que a mesma eleva a média dos produtos ofertados com tiço no município, o que contribui para a redução da qualidade do carvão vegetal tanto em Jerônimo Monteiro quanto em Alegre.

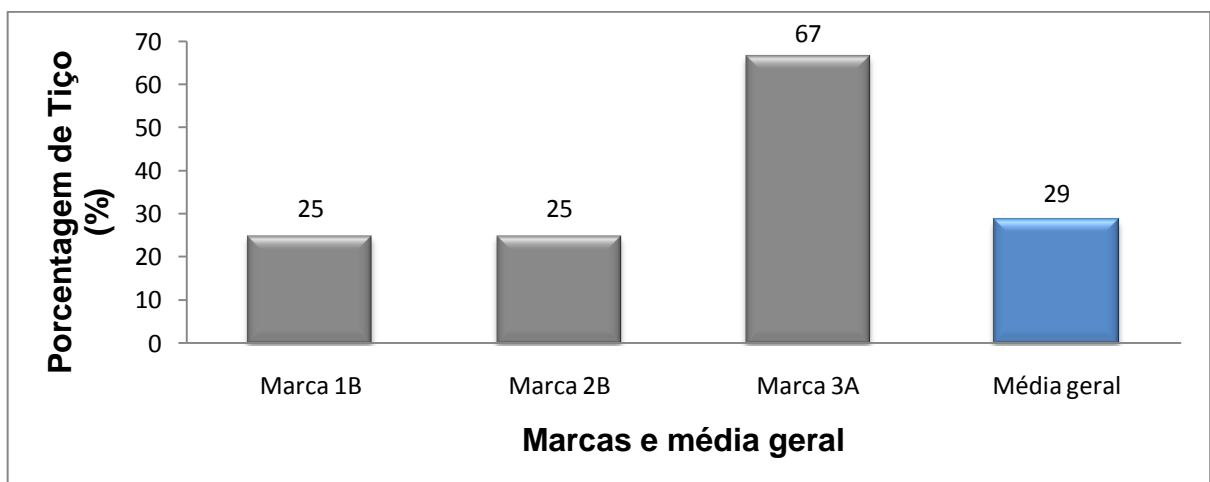


Figura 11 – Porcentagem de tiço de cada marca em Jerônimo Monteiro  
Fonte: Elaborado pelo autor.

### **4.1.3 Município de Cachoeiro de Itapemirim**

Nos quatro diferentes estabelecimentos, foram adquiridos somente três tipos diferentes de marcas, perfazendo um total de 14 amostras. Foram coletadas menos amostras do que o esperado, pois, houve falta do produto em alguns estabelecimentos durante a coleta.

A análise das amostras em função das diferentes marcas, como pode ser observado na Figura 12, a marca 1A e a 1C apresentaram, respectivamente 11% e 100% das suas amostras com a massa inferior aquela descrita na embalagem, o que representou 36% de todas as amostras coletas no município de Cachoeiro de Itapemirim. A maior diferença em massa foi encontrada na marca 1C, que apresentou produtos com até 4% a menos de massa. Assim, essa marca contribuiu para a baixa qualidade do carvão vegetal comercializado nesse município no que tange à massa líquida do produto.

Em relação à marca 4C, foi coletado somente um exemplar, pois o estabelecimento CI4 parou de comercializá-lo durante os meses de coleta. Este exemplar apresentou massa conforme descrito na embalagem e foi considerado nas análises comparativas, contudo, nada se pode afirmar sobre a marca pois a quantidade coletada não foi representativa.

Quando cada estabelecimento é avaliado de acordo com a massa do produto que oferecem, como pode ser observado na Figura 13, os estabelecimentos CI1 e CI3 disponibilizaram amostras com a massa inferior daquela descrita na embalagem, pois ambos comercializavam as marcas 1A e 1C, respectivamente. Desta forma, pode-se inferir que o quesito estabelecimento não interfere na qualidade do carvão vegetal, pois estes empreendimentos possuem grande estrutura e alta rotatividade de clientes.

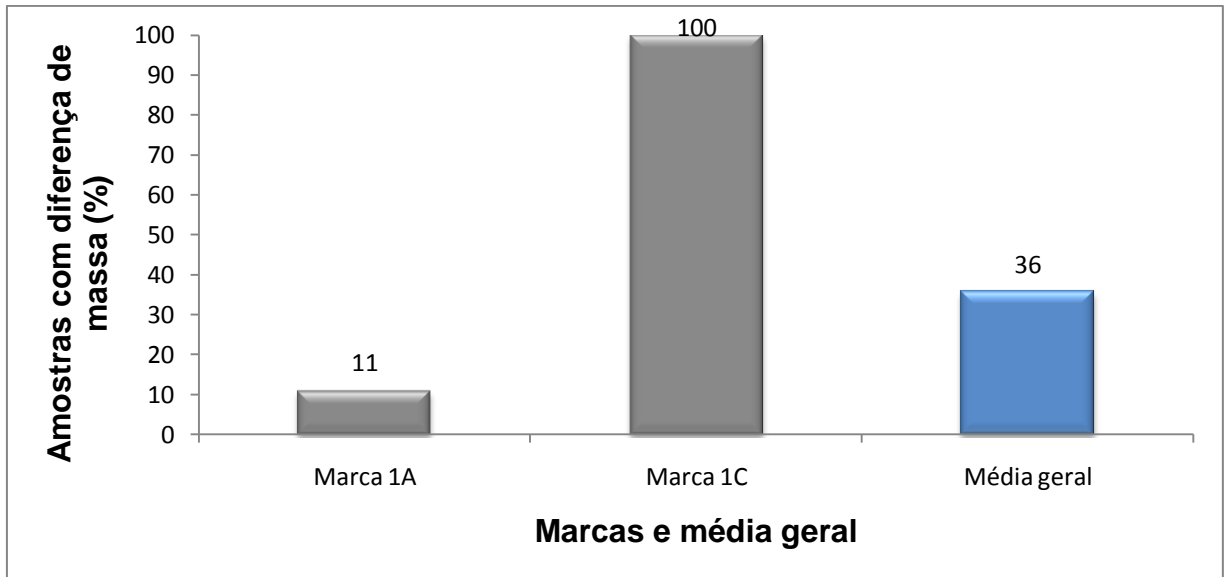


Figura 12 – Porcentagem das amostras com diferença de massa em Cachoeiro de Itapemirim

Fonte: Elaborado pelo autor.

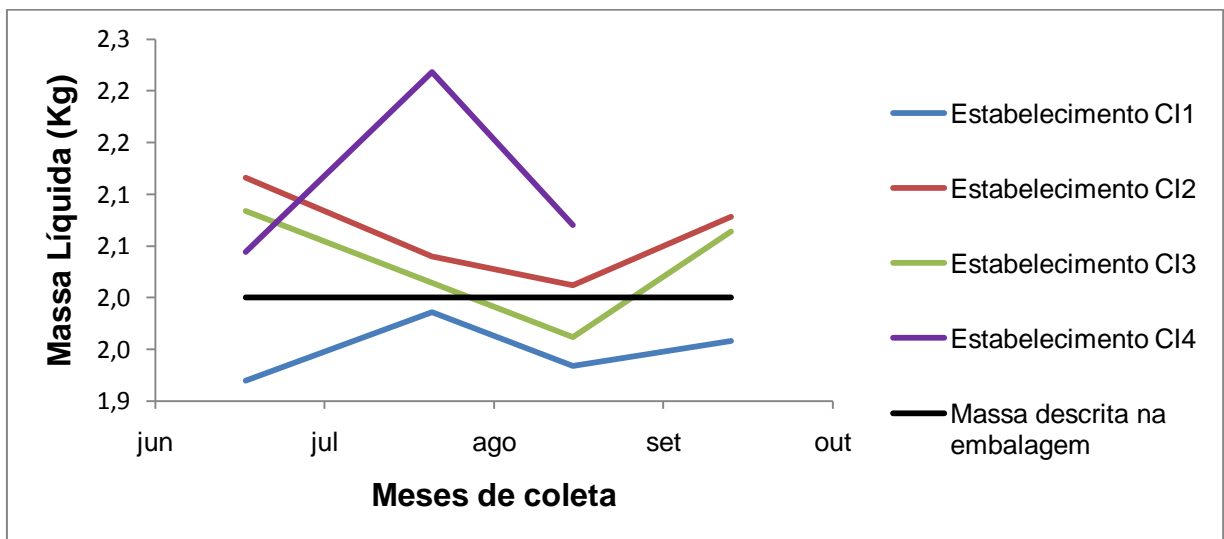


Figura 13 – Massa líquida em função do estabelecimento e dos meses de coleta em Cachoeiro de Itapemirim

Fonte: Elaborado pelo autor.

No que se refere às especificações e as informações pertinentes às embalagens, apenas a marca 1C apresentou o símbolo de risco impresso na embalagem, entretanto o mesmo se encontrava entre as dobras laterais da embalagem, não sendo suficientemente visível. Todas as marcas traziam as

informações pertinentes ao produto e apresentaram pelo menos uma das embalagens com furos.

Todos os estabelecimentos não armazenavam o carvão vegetal em contato direto com o piso, contudo localizavam-se próximos ao setor de frios, que possui alta umidade relativa podendo influenciar de forma negativa na qualidade do produto. Como nos outros municípios, esta localização é uma forma estratégica de *marketing* do produto, pois estando próximo ao setor de carnes, o torna mais acessível ao consumidor.

Como pode ser observado na Figura 14, todos os estabelecimentos forneceram o produto acima da umidade estabelecida pelo Selo Premium. Também notado-se que a umidade não seguiu o mesmo padrão de Alegre e Jerônimo Monteiro, visto que algumas amostras diminuiram a umidade nos meses de maior incidência de chuvas na Região Sudeste. Além disso, quando o carvão vegetal é analisado em função da sua marca (Figura 15), percebe-se que 86% do carvão vegetal comercializado em Cachoeiro de Itapemirim apresentou umidade acima do estipulado pelo Selo Premium, em que 25% das amostras da marca 1C e 100% das amostras da marca 1A apresentaram alta umidade. Vale ressaltar que, no município de Alegre 40% das amostras da marca 1A também apresentaram umidade elevada, o que demonstra que o parâmetro município não influencia na qualidade do carvão vegetal.

Quanto aos “tiços”, somente a marca 1A apresentou esse tipo de material em 11% das suas amostras e as marcas 1C e 4C não apresentaram qualquer indício desse produto – Figura 16. Em geral, pode-se dizer que 7% do carvão comercializado no município de Cachoeiro de Itapemirim possuem tiço, sendo este valor menor que os encontrados nos municípios de Alegre e Jerônimo Monteiro. A marca 1A, também comercializada em Alegre, apresentou 20% das amostras com tiço. Apesar da marca 1C possuir todas as amostras com diferença de massa, ela foi a única que não apresentou tiço.

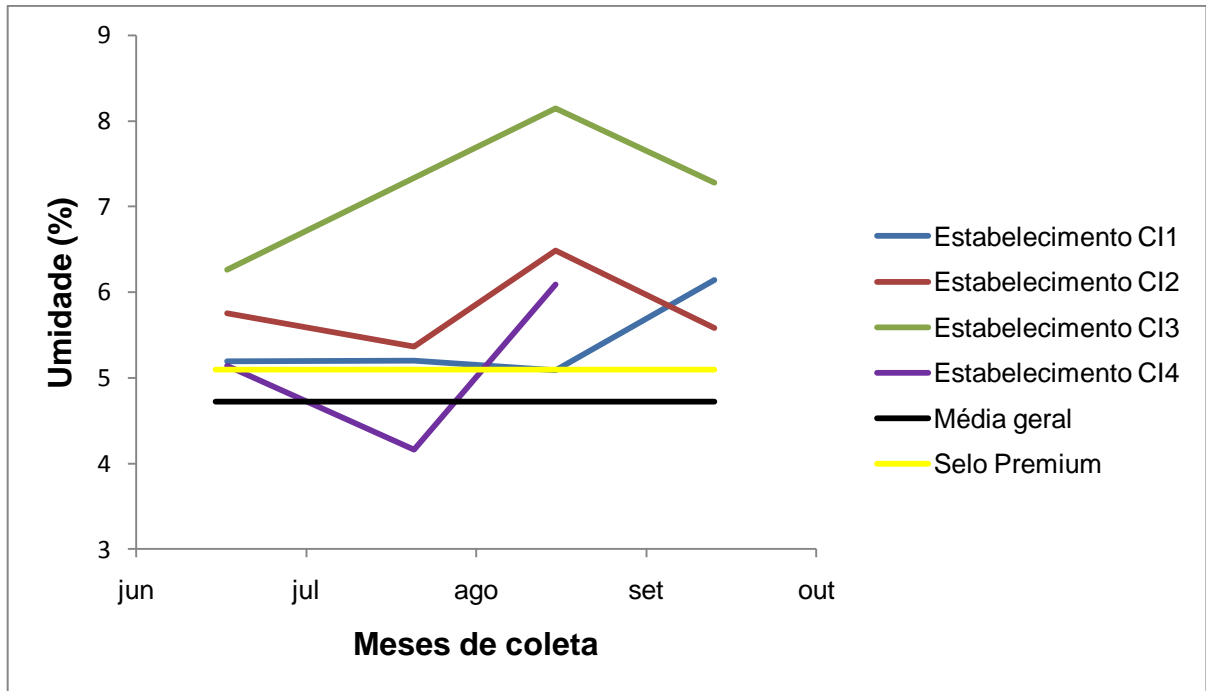


Figura 14 – Umidade de acordo com cada estabelecimento em Cachoeiro de Itapemirim

Fonte: Elaborado pelo autor.

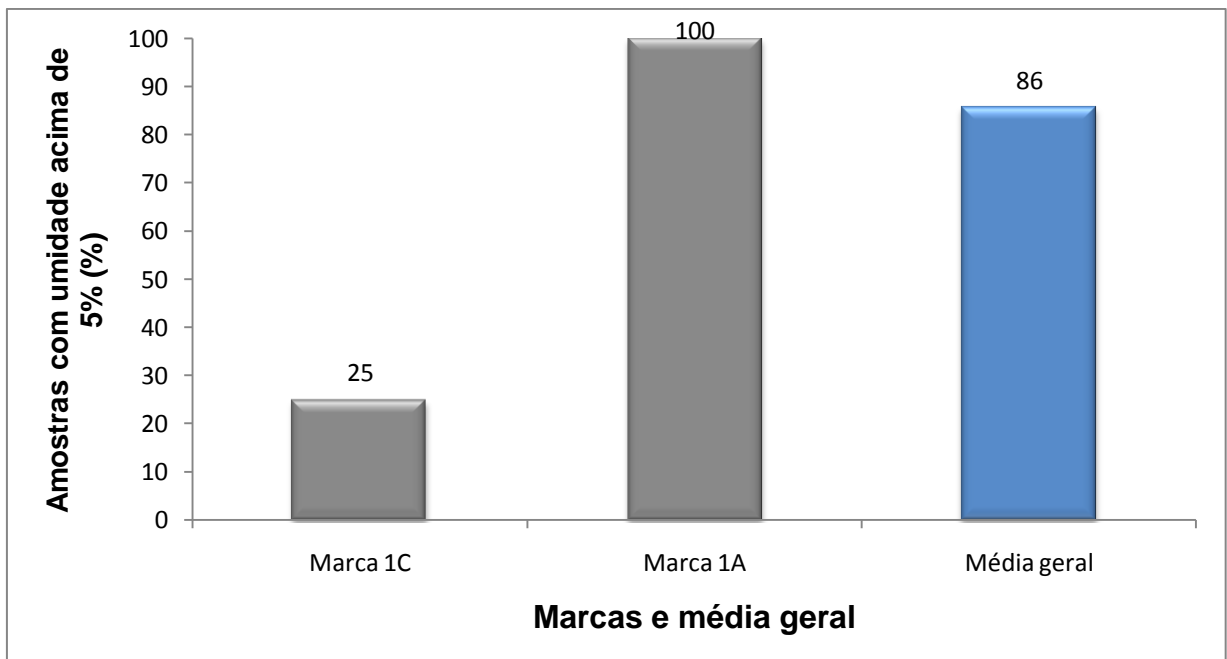


Figura 15 – Umidade em função das diferentes marcas em Cachoeiro de Itapemirim

Fonte: Elaborado pelo autor.

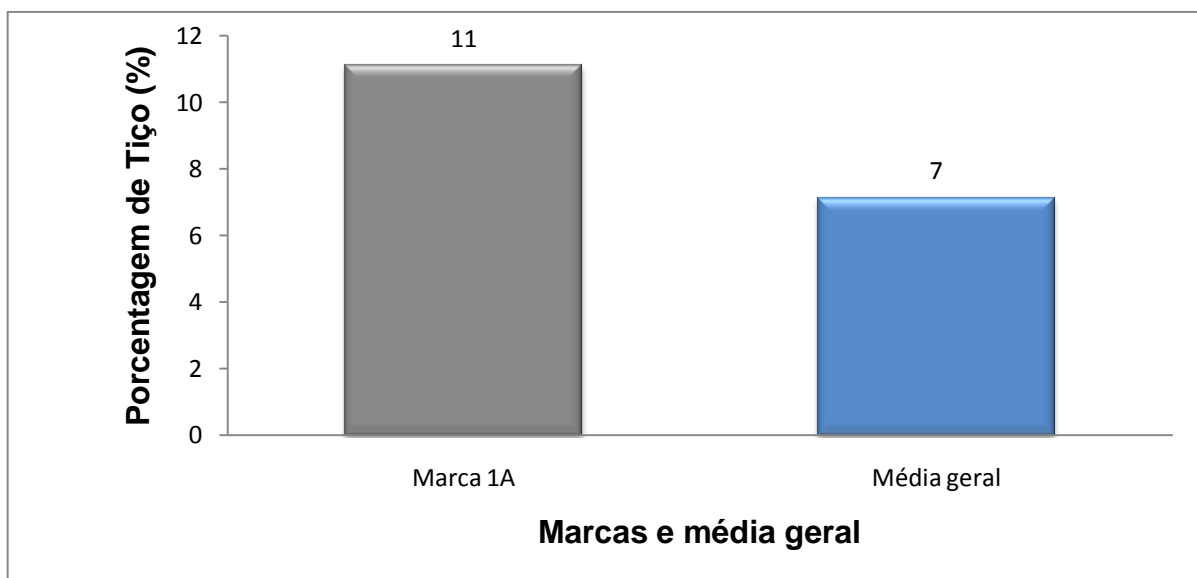


Figura 16 – Porcentagem de tiço de cada marca em Cachoeiro de Itapemirim

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.1.4 Comparação entre os três municípios

Como pode ser visualizado na Tabela 1, Jerônimo Monteiro foi o município que apresentou os piores resultados, onde 57% das amostras estavam com distorção entre a massa líquida e a massa nominal. O município de Cachoeiro de Itapemirim, apesar de apresentar 36% das amostras com diferença de massa e 86% das amostras com umidade acima de 5%, foi a que apresentou a menor quantidade de “tiços”, apenas de 7%.

Tabela 4 – Comparação entre os municípios

Municípios	Diferença na massa	Umidade acima de 5%	Presença de “tiços”
AI	24	24	24
JM	57	36	29
CI	36	86	7

Todos os valores em porcentagem

Fonte: Elaborado pelo autor.

## 4.2 Características físicas e químicas do carvão vegetal de cada marca

As amostras de cada marca foram submetidas a análise de comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% significância e, posteriormente, cada município foi comparado pelo mesmo teste para saber qual comercializou o carvão vegetal de melhor qualidade.

### 4.2.1 Município de Alegre

São apresentados na Tabela 5, as médias dos valores das amostras de cada marca para a densidade relativa aparente (D), umidade (U), teor de materiais voláteis (TMV), teor de carbono fixo (TCF), teor de cinzas (TCz) e poder calorífico superior (PCS).

Tabela 5 – Densidade relativa aparente, umidade, análise química imediata e poder calorífico superior do carvão vegetal comercializado em Alegre

Marca	D (g.cm <sup>-3</sup> )*	U (%)*	TMV (%)	TCF (%)	TCz (%)*	PCS (cal.g <sup>-1</sup> )*
1A	0,425 (0,04)**	4,60 (0,98)	21,92 <b>b</b> (3,84)	77,40 <b>a</b> (3,89)	0,89 (1,02)	7475,00 (129,44)
2A	0,420 (0,12)	4,49 (1,40)	29,45 <b>a</b> (6,78)	69,45 <b>a</b> (6,89)	0,83 (0,95)	7292,00 (492,43)
3A	0,353 (0,08)	4,05 (01,24)	23,19 <b>ab</b> (3,13)	75,90 <b>a</b> (3,22)	0,63 (01,08)	7270,00 (223,62)

As médias seguidas por uma mesma letra, em cada coluna, não diferem estatisticamente (Tukey, p>0,05)

\* Não significativo pelo teste de F (p>0,05)

\*\* Desvio padrão

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os valores encontrados tanto para a densidade quanto para a umidade são adequados para o consumo doméstico. O primeiro parâmetro possuiu uma relação direta com as qualidades do carvão vegetal, ou seja, quanto maior a densidade do carvão vegetal, maior será o seu PCS, ou seja, maior a energia contida no material por unidade de massa, o que acarreta em um menor gasto. Já o segundo parâmetro possui uma relação inversa com a qualidade do carvão vegetal, pois quanto maior a umidade, menor o rendimento. Isso ocorre porque, a água contida dentro do carvão



deve primeiramente sair da sua estrutura e, para isso, absorve a energia que o carvão vegetal libera durante a queima.

Ainda de acordo com a Tabela 5, verifica-se que tanto a média da densidade, quanto da umidade e TCz foram iguais estatisticamente para todas as marcas pelo teste F. Já o TCF e o TMV, apresentaram comportamento significativo quanto ao teste F, mas a primeira variável não demonstrou diferença significativa entre as médias e a segunda variável apresentou a menor média para a marca 1A. Apesar de um baixo TMV ser desejado no carvão vegetal, para o consumo doméstico, pois quanto menor esse valor, menor a quantidade de substâncias tóxicas liberada, a ignição é dificultada pela baixa quantidade de materiais voláteis presente no carvão vegetal. Visto isso, as marcas 1A e 3A foram as que apresentaram os melhores valores para o consumo.

Os dados obtidos da análise química imediata foram próximos dos encontrados por Ribeiro e Vale (2006), de densidade relativa aparente de  $0,65 \text{ g.cm}^{-3}$ ; U de 3,99%; TCz de 0,78%; TMV de 21,70%; TCF de 77,52% e PCS de 7524,53  $\text{cal.g}^{-1}$ . Pimenta e Barcelos (2000) também encontram valores parecidos de densidade relativa aparente de  $0,46 \text{ g.cm}^{-3}$ ; TMV de 21,03%, TCF de 75,06%; TCz de 3,91% e PCS de 8147,00  $\text{cal.g}^{-1}$ .

Entretanto, os dados encontrados foram diferentes dos encontrados por Paula, Trugilho e Rezende (2009), U de 7,45%, TCF de 75,00%, TMV de 36,66%, TCz de 0,94% e PCS 6652,07  $\text{g.cm}^{-3}$ . Trugilho et al. (2005) também encontram valores diferentes, de densidade relativa aparente de  $0,31 \text{ g.cm}^{-3}$ ; TMV de 30,78%; TCF de 69,04% e TCz de 0,32%. Quando os parâmetros de qualidade do Selo Premium são comparados com cada marca em particular, verifica-se que apenas a marca 2A não seguiu os padrões exigidos pelo selo, devido ao alto TMV de baixo TCF.

Na análise elementar (Tabela 6), a quantidade de nitrogênio (N%), carbono (C%) e oxigênio (O%) não foram estatisticamente significativas, bem como as relações de C/N e C/H. Todavia, as marcas 1A e 2A foram, as que apresentaram estatisticamente, a maior e a menor média de hidrogênio (H%) e enxofre (S%), respectivamente.

Esses resultados foram próximos dos encontrados por Paula, Trugilho e Rezende (2009), que obtiveram valores para o C de 75%; H de 3%; N de 1%; S de 0,50%; O de 17%; C/N de 75 e C/H de 25. Mas diferentes dos encontrados por

CETEC (1980), de 80,3% para o C; 3,1% para o H; 0,2% para o N; 0,0% para S; 11,3% para O; C/N de 401,5 e C/H de 25,90.

Tabela 6 – Análise elementar das marcas comercializadas em Alegre

Marca	N (%) <sup>*</sup>	C (%) <sup>*</sup>	C/N <sup>*</sup>	H (%)	C/H <sup>*</sup>	S (%)	O (%) <sup>*</sup>
1A	0,47 (0,07) <sup>**</sup>	78,86 (2,94)	180,18 (42,58)	3,71 <sup>a</sup> (0,27)	21,71 (2,32)	0,19 <sup>b</sup> (0,17)	16,78 (2,66)
2A	0,35 (0,12)	79,30 (4,56)	249,49 (81,05)	3,41 <sup>ab</sup> (0,30)	23,46 (3,28)	0,03 <sup>a</sup> (0,01)	16,92 (4,23)
3A	0,35 (0,13)	80,74 (3,72)	259,53 (91,32)	3,25 <sup>b</sup> (0,32)	25,10 (3,38)	0,06 <sup>a</sup> (0,08)	15,59 (3,53)

As médias seguidas por uma mesma letra, em cada coluna, não diferem estatisticamente (Tukey,  $p > 0,05$ )

<sup>\*</sup> Não significativo pelo teste de F ( $p > 0,05$ )

<sup>\*\*</sup> Desvio padrão

Fonte: Elaborado pelo autor.

Pela análise química imediata e análise elementar, é correto afirmar que a marca 1A demonstrou ser a mais adequada para o consumo, pois apresentou baixo TMV e de enxofre, que são prejudiciais à saúde e ao ambiente, bem como alta quantidade de hidrogênio, que contribui positivamente com o poder calorífico.

#### 4.2.2 Município de Jerônimo Monteiro

No município de Jerônimo Monteiro, tanto a média da densidade relativa aparente das amostras, quanto da umidade, TMV, TCF e PCS não foram significativas pelo teste de F, entretanto, a marca 1B foi a que apresentou a menor média e a marca 2B foi a que apresentou a maior média de TCz, estatisticamente pelo teste de Tukey, conforme pode ser observado na Tabela 7.

Os dados obtidos da análise química imediata foram próximos dos encontrados por Ribeiro e Vale (2006), de densidade relativa aparente de  $0,65 \text{ g.cm}^{-3}$ ; U de 3,99%; TCz de 0,78%; TMV de 21,70%; TCF de 77,52% e PCS de 7524,53  $\text{cal.g}^{-1}$ . Pimenta e Barcelos (2000) também encontram valores parecidos de densidade relativa aparente de  $0,46 \text{ g.cm}^{-3}$ ; TMV de 21,03%, TCF de 75,06%; TCz de 3,91% e PCS de 8147,00  $\text{cal.g}^{-1}$ .

Tabela 7 – Densidade relativa aparente, umidade e análise química imediata das marcas comercializadas em Jerônimo Monteiro

Marca	D (g.cm <sup>-3</sup> )*	U (%)*	TMV (%)*	TCF (%)*	TCz (%)	PCS (cal.g <sup>-1</sup> )*
1B	0,382 (0,02)**	4,25 (1,05)	22,94 (2,72)	75,78 (4,33)	1,23 <b>b</b> (2,60)	7456,50 (198,70)
2B	0,352 (0,15)	4,99 (0,61)	19,06 (2,86)	75,08 (2,36)*	4,93 <b>a</b> (0,52)	7436,50 (210,19)
3A	0,372 (0,08)	4,09 (0,63)	22,65 (4,01)	75,60 (3,38)	1,60 <b>ab</b> (0,69)	7340,50 (261,53)
4B	0,459 (0,04)	4,40 (2,00)	23,34 (4,65)	75,02 <b>a</b> (4,50)	1,65 <b>ab</b> (0,14)	7387,00 (385,64)

As médias seguidas por uma mesma letra, em cada coluna, não diferem estatisticamente (Tukey, p>0,05)

\* Não significativo pelo teste de F (p>0,05)

\*\* Desvio padrão

Fonte: Elaborado pelo autor.

Entretanto, os dados encontrados foram diferentes dos encontrados por Paula, Trugilho e Rezende (2009), U de 7,45%, TCF de 75,00%, TMV de 36,66%, TCz de 0,94% e PCS 6652,07 g.cm<sup>-3</sup>. Trugilho et al. (2005) também encontram valores diferentes, de densidade relativa aparente de 0,31 g.cm<sup>-3</sup>; TMV de 30,78%; TCF de 69,04% e TCz de 0,32%.

É importante lembrar que a marca 2B foi comercializada pelo estabelecimento JM2, que reaproveitava os resíduos gerados de uma serraria que processava tanto madeiras nativas quanto exóticas, assim, é provável que o alto teor de cinzas ocorreu em razão da carbonização de espécies exóticas.

Quando cada marca é analisada particularmente com os parâmetros do Selo Premium, as marca 2B, 3A e 4B não receberia o certificado de qualidade por causa do alto TCz apresentado.

As quantidades de carbono, hidrogênio, enxofre e oxigênio não foram significativos estatisticamente pelo teste F, contudo, as marcas 1B e 2B foram, estatisticamente, as que apresentaram respectivamente, a menor e maior quantidade de nitrogênio pelo teste de Tukey (Tabela 8). Esses resultados foram próximos dos encontrados por Paula, Trugilho e Rezende (2009), que obtiveram valores para o C de 75%; H de 3%; N de 1%; S de 0,50%; O de 17%; C/N de 75 e C/H de 25. Mas diferentes dos encontrados por CETEC (1980), de 80,3% para o C;

3,1% para o H; 0,2% para o N; 0,0% para S; 11,3% para O; C/N de 401,5 e C/H de 25,90.

A relação C/N foi menor, estatisticamente, para as marcas 2B, 3A e 4B, demonstrando que nestas marcas a liberação do nitrogênio é mais rápida, fato importante na ciclagem deste elemento pela natureza. Já a relação C/H foi igual estatisticamente para todas as marcas e, quanto maior esta relação, maior a energia liberada pelo carvão vegetal, o que comprova o PCS ser igual para todas as marcas.

Tabela 8 – Análise elementar das marcas comercializadas em Jerônimo Monteiro

Marca	N (%)	C (%)*	C/N	H (%)*	C/H*	S (%)*	O (%)*
1B	0,19 <b>b</b> (0,05)**	80,99 (1,64)	451,17 <b>a</b> (167,77)	3,08 (0,27)	26,65 (2,74)	0,02 (0,03)	15,89 (1,51)
2B	0,39 <b>a</b> (0,21)	81,62 (4,52)	212,56 <b>ab</b> (64,98)	2,58 (0,30)	31,27 (4,72)	0,04 (0,02)	15,12 (4,20)
3A	0,26 <b>ab</b> (0,10)	79,91 (2,61)	316,42 <b>ab</b> (183,31)	3,20 (0,33)	25,02 (3,48)	0,04 (0,02)	16,57 (2,40)
4B	0,30 <b>ab</b> (0,04)	80,51 (4,74)	269,95 <b>ab</b> (22,38)	3,20 (0,67)	25,86 (6,87)	0,02 (0,01)	15,97 (4,12)

As médias seguidas por uma mesma letra, em cada coluna, não diferem estatisticamente (Tukey,  $p > 0,05$ )

\* Não significativo pelo teste de F ( $p > 0,05$ )

\*\* Desvio padrão

Fonte: Elaborado pelo autor.

De acordo com a análise química imediata e a análise elementar, é correto afirmar que a marca 1B demonstrou ser a mais adequada para o consumo, pois, além de apresentar baixo TCZ, também apresentou baixa quantidade de nitrogênio.

#### 4.2.3 Município de Cachoeiro de Itapemirim

Em Cachoeiro de Itapemirim, as amostras referentes às marcas 1C e 1A não diferiram estatisticamente entre si em suas características físicas e químicas. Entretanto, cabe ressaltar uma particularidade em relação a marca 4C, pois a única amostra coletada desta marca apresentou alto TMV e TCZ, bem como baixo TCF e umidade em relação às outras marcas.

Os dados obtidos da análise química imediata foram próximos dos encontrados por Ribeiro e Vale (2006), de densidade relativa aparente de  $0,65 \text{ g.cm}^{-3}$ ; U de 3,99%; TCz de 0,78%; TMV de 21,70%; TCF de 77,52% e PCS de  $7524,53 \text{ cal.g}^{-1}$ . Pimenta e Barcelos (2000) também encontram valores parecidos de

densidade relativa aparente de 0,46 g.cm<sup>-3</sup>; TMV de 21,03%, TCF de 75,06%; TCz de 3,91% e PCS de 8147,00 cal.g<sup>-1</sup>.

Entretanto, os dados encontrados foram diferentes dos encontrados por Paula, Trugilho e Rezende (2009), U de 7,45%, TCF de 75,00%, TMV de 36,66%, TCz de 0,94% e PCS 6652,07 g.cm<sup>-3</sup>. Trugilho et al. (2005) também encontram valores diferentes, de densidade relativa aparente de 0,31 g.cm<sup>-3</sup>; TMV de 30,78%; TCF de 69,04% e TCz de 0,32%.

Entretanto, como pode ser verificado na Tabela 9, nenhuma das marcas comercializadas em Cachoeiro de Itapemirim receberiam o Selo Premium de qualidade, pois as marcas 1C e 1A apresentaram umidade acima dos parâmetros estabelecidos pelo Selo, enquanto a marca 4C, apesar de possuir umidade satisfatória, apresentou baixo TCF e alto TCZ em relação aos parâmetros da certificação

Tabela 9 – Densidade relativa aparente, umidade e análise imediata das marcas comercializadas em Cachoeiro de Itapemirim

Marca	D (g.cm <sup>-3</sup> )*	U (%)*	TMV (%)*	TCF (%)*	TCz (%)*	PCS (cal.g <sup>-1</sup> )*
1C	0,359 (0,01)**	5,10 (0,49)	18,36 (3,30)	80,67 (3,39)	0,98 (0,14)	7654,50 (276,62)
4C	0,396 ***	4,06 ***	23,36 ***	74,50 ***	2,13 ***	7225,00 ***
1 <sup>a</sup>	0,377 (0,02)*	5,99 (0,97)	13,56 (5,38)	84,21 (5,32)	1,06 (0,94)	7882,00 (326,46)

As médias seguidas por uma mesma letra, em cada coluna, não diferem estatisticamente (Tukey, p>0,05)

\* Não significativo pelo teste de F (p>0,05)

\*\* Desvio padrão

\*\*\* Dados de somente uma amostra

Fonte: Elaborado pelo autor.

Seguindo os parâmetros do Selo Premium, todas as marcas comercializadas no município de Cachoeiro de Itapemirim foram condenadas, pois não apresentaram umidade satisfatória para o consumo doméstico, contudo, a marca 1A foi a que apresentou os melhores resultados.

Na análise elementar (Tabela 10), a quantidade de carbono, hidrogênio, enxofre, oxigênio e a relação C/H não foram estatisticamente significativas pelo teste

F. Todavia, as marcas 1C e 1A foram as que apresentaram estatisticamente, a menor e a maior quantidade de nitrogênio, respectivamente.

Os resultados da análise elementar foram próximos dos encontrados por Paula, Trugilho e Rezende (2009), que obtiveram valores para o C de 75%; H de 3%; N de 1%; S de 0,50%; O de 17%; C/N de 75 e C/H de 25. Mas diferentes dos encontrados por CETEC (1980), de 80,3% para o C; 3,1% para o H; 0,2% para o N; 0,0% para S; 11,3% para O; C/N de 401,5 e C/H de 25,90.

A relação C/N foi menor, estatisticamente, para a marca 1A, demonstrando que nesta marca a liberação do nitrogênio é mais rápida, fato importante no ciclo deste elemento, pois quanto mais depressa ocorre esta liberação, mais rápido este componente volta para o seu ciclo natural e, mais rápido ocorre sua ciclagem.

Tabela 10 – Análise elementar das marcas comercializadas em Cachoeiro de Itapemirim

Marca	N (%)*	C (%)*	C/N	H (%)*	C/H	S (%)*	O (%)*
1C	0,16 <b>b</b> (0,02)**	85,17 (2,99)	546,83 <b>a</b> (70,93)	2,59 (0,45)	32,92 (6,63)	0,02 (0,01)	12,00 (2,68)
4C	0,40 ***	77,36 ***	193,40 ***	3,11 ***	24,91 ***	0,04 ***	19,09 ***
1 <sup>a</sup>	0,24 <b>ab</b> (0,08)	86,18 (4,57)	352,86 <b>b</b> (94,49)	2,26 (0,38)	38,67 (6,25)	0,02 (0,01)	11,27 (4,28)

As médias seguidas por uma mesma letra, em cada coluna, não diferem estatisticamente (Tukey,  $p > 0,05$ )

\* Não significativo pelo teste de F ( $p > 0,05$ )

\*\* Desvio padrão

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 4.3 Comparação das características físicas e químicas do carvão vegetal de cada município

Na Tabela 11 são apresentados os valores médios de densidade relativa aparente, umidade, PCS e a análise química imediata das amostras de carvão vegetal das marcas coletadas nos municípios de Alegre, Jerônimo Monteiro e Cachoeiro de Itapemirim.

Quando se compara o carvão vegetal disponível em cada município, verifica-se que a média das densidades é igual estatisticamente pelo teste F a 5% de significância, conforme pode ser visualizado na Tabela 11.

Tabela 11 – Densidade relativa aparente, umidade e análise imediata das marcas comercializadas em cada município

Município	D (g.cm <sup>-3</sup> )*	U (%)	TMV (%)	TCF (%)	TCz (%)	PCS (cal.g <sup>-1</sup> )
AI	0,379 (0,08)**	4,17 <b>b</b> (1,21)	23,64 <b>a</b> (4,64)	75,46 <b>b</b> (4,68)	0,68 <b>b</b> (1,01)	7432,00 <b>b</b> (281,67)
JM	0,373 (0,09)	4,25 <b>b</b> (0,93)	21,27 <b>a</b> (3,78)	75,33 <b>b</b> (3,25)	1,65 <b>a</b> (2,04)	7436,50 <b>b</b> (254,96)
CI	0,377 (0,02)	5,57 <b>a</b> (1,01)	15,65 <b>b</b> (4,89)	83,40 <b>a</b> (4,90)	1,03 <b>ab</b> (0,80)	7827,50 <b>a</b> (322,87)

As médias seguidas por uma mesma letra, em cada coluna, não diferem estatisticamente (Tukey, p>0,05)

\* Não significativo pelo teste de F (p>0,05)

\*\* Desvio padrão

\*\*\* Dados de somente uma amostra

Fonte: Elaborado pelo autor.

Estatisticamente, o carvão vegetal comercializado em Cachoeiro de Itapemirim, apresentou em média um alto TCF, baixo TMV e o TCz foi equivalente às outras duas municípios, contudo, apresentou em média, amostras com elevada umidade. Já os municípios de Alegre e Jerônimo Monteiro apresentaram, em média, alto TMV e de TCz respectivamente. Visto isto e seguindo os parâmetros de qualidade do Selo Premium, nenhum dos municípios comercializa carvão vegetal com a qualidade adequada para o consumo doméstico.

No que tange a análise elementar (Tabela 12), a quantidade enxofre não foi estatisticamente significativa para os três municípios. Entretanto, o município de Cachoeiro de Itapemirim foi o que apresentou os menores valores de nitrogênio, hidrogênio, oxigênio e o maior valor de carbono, sendo essas quantidades inversas para o município de Alegre. Esses resultados foram próximos dos encontrados por Paula, Trugilho e Rezende (2009), que obtiveram valores para o C de 75%; H de 3%; N de 1%; S de 0,50%; O de 17%; C/N de 75 e C/H de 25. Mas diferentes dos encontrados por CETEC (1980), de 80,3% para o C; 3,1% para o H; 0,2% para o N; 0,0% para S; 11,3% para O; C/N de 401,5 e C/H de 25,90.

A relação C/N foi maior para o município de Cachoeiro de Itapemirim, apresentando um carvão vegetal que demora a liberar nitrogênio para o ambiente, retardando a sua ciclagem natural, contudo, foi a município que também apresentou

a maior relação C/H, demonstrando comercializar um produto com alto capacidade calorífica.

Tabela 12 – Análise elementar das marcas comercializadas em cada município

Município	N (%)	C (%)	C/N	H (%)	C/H	S (%)	O (%)
AI	0,33 <b>a</b> (0,12)**	80,58 <b>b</b> (3,66)	254,45 <b>b</b> (85,22)	3,432 <b>a</b> (0,34)	23,96 <b>b</b> (3,36)	0,032 <b>a</b> (0,11)	15,54 <b>a</b> (15,54)
JM	0,285 <b>ab</b> (0,17)	80,76 <b>ab</b> (3,07*	280,60 <b>ab</b> (176,53)	3,019 <b>b</b> (0,40)	26,97 <b>b</b> (4,51)	0,027 <b>a</b> (0,02)	15,89 <b>ab</b> (2,79)
CI	0,225 <b>b</b> (0,10*	85,635 <b>a</b> (4,35)	372,51 <b>a</b> (138,38)	2,3345 <b>c</b> (0,41)	37,18 <b>a</b> (6,53)	0,018 <b>a</b> (0,01)	11,56 <b>b</b> (4,01)

As médias seguidas por uma mesma letra, em cada coluna, não diferem estatisticamente (Tukey,  $p > 0,05$ )

\*\* Desvio padrão

Fonte: Elaborado pelo autor.

Portanto é correto afirmar que, mesmo o município de Cachoeiro de Itapemirim comercializar amostras com alta umidade e valores elevados na relação C/N, foi a que apresentou os melhores resultados perante a análise química imediata, análise elementar e na relação C/H.



## 5 CONCLUSÕES

O município que mais apresentou amostras com diferenças na massa de carvão vegetal foi Jerônimo Monteiro, seguida de Alegre e por último Cachoeiro de Itapemirim.

Amostras com “tiços” foram encontradas em todos os municípios, contudo, Cachoeiro de Itapemirim foi a município que menos apresentou esse tipo de produto em suas amostras, acompanhada de Alegre e por último Jerônimo Monteiro.

A umidade seguiu o mesmo padrão nas amostras comercializadas em Alegre e Jerônimo Monteiro, o que não foi observado em Cachoeiro de Itapemirim.

A maioria dos estabelecimentos aloca o carvão vegetal perto do setor de frios como uma estratégia de venda, não se importando com o impacto negativo que essa atitude pode provocar na qualidade do produto.

O município de Jerônimo Monteiro foi o que apresentou o carvão vegetal de pior qualidade e o município de Cachoeiro de Itapemirim foi o que apresentou o carvão de melhor qualidade, mas ainda com algumas características que precisam ser melhoradas.

O carvão vegetal disponível em Cachoeiro de Itapemirim apresentou melhores qualidades físicas e químicas quando comparado aos comercializados em Alegre e Jerônimo Monteiro, todavia, não atendia às especificações do Selo Premium em razão da alta umidade.

Todas as marcas coletadas nas três cidades apresentaram algum parâmetro de embalagem ou características físicas e químicas inadequadas para o consumidor.

Portanto, os direitos dos consumidores não estão sendo aplicados em nenhum município, visto que todas apresentaram pelo menos uma marca com algum parâmetro impróprio para o consumo.

O Selo Premium criado pelo Estado de São Paulo é uma avanço nos direitos dos consumidores de carvão vegetal e poderia ser perfeitamente implementado em outros Estados da Federação.

## 6 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8112**: Carvão vegetal: análise química imediata. Rio de Janeiro, 1983.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8633**: Determinação do poder calorífico superior. Rio de Janeiro, 1983.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11941**: Densidade aparente do Carvão Vegetal. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO MINEIRA DE SILVICULTURA. **Anuário estatístico 2008**. Minas Gerais, 2007. Disponível em: < <http://www.silviminas.com.br/>>. Acesso em: 17 mar. 2010.

ASSOCIAÇÃO MINEIRA DE SILVICULTURA. **Benefícios em duas vidas**: programas de fomento florestal trazem ganhos e integram empresas e pequenos produtores. 2. Minas Gerais, 2007. Disponível em: < <http://www.silviminas.com.br/>>. Acesso em: 17 mar. 2010.a

ASSOCIAÇÃO MINEIRA DE SILVICULTURA. **Florestas energéticas no Brasil**: demanda e disponibilidade. Minas Gerais, 2009. Disponível em: < <http://www.silviminas.com.br/>>. Acesso em: 17 mar. 2010.

ASSOCIAÇÃO MINEIRA DE SILVICULTURA. **Florestas plantadas**: um compromisso com o desenvolvimento social. Minas Gerais, 2005. Disponível em: < <http://www.silviminas.com.br/>>. Acesso em: 17 mar. 2010.

BARCELLOS, D. C.; COUTO, L. Siderurgia a carvão vegetal: passado presente e futuro. **Rede Nacional de Biomassa para Energia**, Viçosa, n.1, 2006.

BRASIL. Casa Civil. Lei nº 8.078, de 11 de setembro de 1990. Dispõe sobre o código de defesa do consumidor. **Diário oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 12 set. 1990. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L8078.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L8078.htm) >. Acesso em: 20 out. 2010.

BRASIL. Senado Federal. **Código Florestal**. Brasília: Subsecretaria de Edições Técnicas, 2004.

BRASIL. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Instrução Normativa IBAMA nº 112, de 21 de Agosto de 2006. **Diário oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 22 ago. 2006. Disponível em: < <http://www.ibama.gov.br/>>. Acesso em: 23 mar. 2010.

BRASIL. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Instrução Normativa IBAMA nº 187, de 10 de Setembro de 2008. **Diário oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 11 set. 2008. Disponível em: < <http://www.ibama.gov.br/>>. Acesso em: 23 mar. 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Diretrizes da política de agroenergia**. Brasília, 2006. Disponível em: < <http://www.agricultura.gov.br/>>. Acesso em: 23 mar. 2010.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balço energético nacional 2009**: ano base 2008. Rio de Janeiro, 2009, 274p. Disponível em: < <http://www.mme.gov.br/>>. Acesso em: 15 maio 2010.

BRASIL. Ministério do Transporte. Portaria nº 204 , de 20 de maio de 1997. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 25 maio 1997. Disponível em:<<http://www.antt.gov.br/legislacao/PPerigosos/Nacional/PorMT204-7/index.htm>>. Acesso em: 20 out. 2010.

BRAHAN, W. K. **Combustibilidad de la madera**: la experiencia com espécies colombianas. 1. Bogotá: Fondo de Publicaciones, 2002.

BRITO, J. O. Princípios de produção e utilização de carvão vegetal de madeira. **Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais**, Piracicaba, n.9, p.30-37, 1990. Disponível em: < <http://www.ipef.br/biblioteca/>>. Acesso em: 18 mar. 2010.

BRITO, J. O.; BARRICHELO, L.E.G. Correlações entre características físicas e químicas da madeira e a produção de carvão vegetal: 1 - densidade e teor de lignina da madeira de eucalipto. **Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais**, Piracicaba, n.14, p.9-20, 1977. Disponível em: < <http://www.ipef.br/biblioteca/>>. Acesso em: 18 mar. 2010.

BRITO, J. O.; BARRICHELO, L.E.G. Aspectos florestais e tecnológicos da matéria-prima para carvão vegetal. **Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais**, Piracicaba, n.67, p. 50-55, 1979. Disponível em: < <http://www.ipef.br/biblioteca/>>. Acesso em: 18 mar. 2010.

BRITO, J. O.; BARRICHELO, L.E.G. Correlações entre características físicas e químicas da madeira e a produção de carvão vegetal: 2 – densidade da madeira x densidade do carvão. **Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais**, Piracicaba, n.20, p.101-113, 1980. Disponível em: < <http://www.ipef.br/biblioteca/>>. Acesso em: 18 mar. 2010.

BRITO, J. O.; CINTRA, T. C. madeira para energia no brasil: realidade, visão estratégica e demandas de ações. **Biomassa & Energia**, Viçosa, v. 1, n. 2, p. 157-163, 2004

COUTINHO, A. dos R.; FERRAZ, E. S. B. Determinação da friabilidade do carvão vegetal em função do diâmetro das árvores e temperatura de carbonização. **Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais**, Piracicaba, n.38, p.33-37, 1988.

ESPÍRITO SANTO (Estado). Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. **Silvicultura**, Vitória, [2003?]. Disponível em: < [http://www.incaper.es.gov.br/pedeag/setores11\\_02.htm](http://www.incaper.es.gov.br/pedeag/setores11_02.htm)>. Acesso em: 10 jun. 2010.

ESPÍRITO SANTO (Estado). Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Espírito Santo. **Decreto IDAF nº 608-R, de 09 de março de 2001**. Vitória, 2001. Disponível em: < <http://www.idaf.es.gov.br/>>. Acesso em: 16 abr. 2010.

ESPÍRITO SANTO (Estado). Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Espírito Santo. **Instrução Normativa IDAF nº 003, de 22 de julho de 2008**. Vitória, 2008. Disponível em: < <http://www.idaf.es.gov.br/>>. Acesso em: 16 abr. 2010.

FERREIRA, O. C. Emissão de gases de efeito estufa na produção e no uso do carvão vegetal na siderurgia. **Economia & Energia**, Belo Horizonte, n.20, 2000. Disponível em :< <http://ecen.com/eee20/emiscar2.htm> >. Acesso em: 10 set. 2010.  
FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Interactive wood energy information system**: update 2004. Washington, 2005. Disponível em: < <http://www.fao.org/> >. Acesso em: 25 abr. 2010.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Sustainable wood energy systems**. Washington, 2007. Disponível em: < <http://www.fao.org/> >. Acesso em: 25 abr. 2010.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Wisdom for cities**: analysis of wood energy and urbanization using WISDOM methodology. Washington, 2008. Disponível em: < <http://www.fao.org/> >. Acesso em: 25 abr. 2010.

FONTES, A. A.; SILVA, M. L.; LIMA, de J. E. Integração espacial no mercado mineiro de carvão vegetal. **Revista Árvore**, Viçosa, v.29, n.6, p.937-946, 2005.

FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS. **Uso da madeira para fins energéticos**. Belo Horizonte, v.1, 158p., 1980.  
MINAS GERAIS (Estado). Instituto Estadual de Florestas. **Portaria IEF nº106, de 02 de Setembro de 2002**. Belo Horizonte, 2002. Disponível em: < <http://www.ief.mg.gov.br/>>. Acesso em: 16 abr. 2010.

MINAS GERAIS (Estado). Instituto Estadual de Florestas. **Portaria IEF nº218, de 09 de Novembro de 2009**. Belo Horizonte, 2009. Disponível em: < <http://www.ief.mg.gov.br/>>. Acesso em: 16 abr. 2010.

MINAS GERAIS (Estado). Conselho Estadual de Política Ambiental. **Deliberação Normativa COPAM nº 103, de 08 de Novembro de 2006**. Minas Gerais, 2006. Disponível em: < <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=6190>>. Acesso em: 17 abr. 2010.

OBERNBERGER, I.; BRUNNER, T.; BARNTHALER, G. Chemical properties of solid biofuels-significance and impact. **Biomass & Bioenergy**, Amsterdam, v. 30, n. 11, p. 973-982, 2005.

PAULA, L. E. de R.; TRUGILHO, P. F.; REZENDE, R. N. Avaliação de uma amostra de carvão vegetal de *Eucalyptus* para uso doméstico comercializado em Lavras/MG. **Remade**, 2009. Disponível em: <<http://www.remade.com.br>>. Acesso em: 19 abr. 2010.

PENNISE, D. M. et al. Emissions of greenhouse gases and other airborne pollutants from charcoal making in Kenya and Brazil. **Journal of Geophysical Research**, v.106, n.D20, p.24143-24156, 2001. Disponível em: < <http://library.iem.ac.ru/j-geophys/jgr-toc.html> >. Acesso em: 16 mar. 2010.

PIMENTA, A. S; BARCELLOS, D.C. **Curso de atualização e carvão vegetal. Centro de Produções técnicas – CPT**, 2000.76p. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

PINHEIRO, P. C. da C et al. **A produção de carvão vegetal: teoria e prática**. 1. Belo Horizonte: edição do autor, 2006.

RIBEIRO, P. G.; VALE, A. T. Qualidade do carvão vegetal de resíduos de serraria para o uso doméstico. In:Reunião Anual da SBPC., 58, 2006, Florianópolis - SC. **Anais...58ª** Reunião Anual da SBPC., 2006. v. 01. Disponível em: < [http://www.sbpcnet.org.br/livro/58ra/SENIOR/RESUMOS/resumo\\_1078.html](http://www.sbpcnet.org.br/livro/58ra/SENIOR/RESUMOS/resumo_1078.html)>. Acesso em: 20 abr. 2010.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Agricultura e Abastecimento de São Paulo. **Resolução nº10 SAA, de 11 de julho de 2003**. São Paulo, 2003. Disponível em: < [www.agricultura.sp.gov.br/](http://www.agricultura.sp.gov.br/)>. Acesso em: 15 out. 2010.

SANTANA, W. M. **Efeito da idade e da classe diamétrica nas propriedades da madeira de *Eucalyptus grandis* e *E. urophylla***. 2009. 95 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SOUZA, J. T. de. **Balanço da emissão de carbono em uma unidade de carvoejamento no município de Seropédica, RJ**. 2008. 31f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2008.

TRUGILHO et al. Rendimentos e características do carvão vegetal em função da posição radial de amostragem em clones de *Eucalyptus*. **Cerne**, Lavras, v. 11, n. 2, p. 178-186, 2005. Disponível em: < [http://www.eucalyptus.com.br/newspt\\_abril10.html](http://www.eucalyptus.com.br/newspt_abril10.html) >. Acesso em: 04 ago. 2010.

TRUGILHO, P. F. et al. Avaliação de clones de *Eucalyptus* para a produção de carvão vegetal. **Cerne**, Lavras, v.7, n.2, p.104-114, 2001. Disponível em: <<http://www.dcf.ufra.br/cerne/modelo.php?page=index2>>. Acesso em: 13 mar 2010.

TRUGILHO, P. F.; SILVA, D. A. Influência da temperatura final de carbonização nas características físicas e químicas do carvão vegetal de jatobá (*Himenea courbaril* L.). **Scientia agrária**, La Rioja, v.2, n.1/2, p.45-53, 2001. Disponível em:< <http://dialnet.unirioja.es/>>. Acesso em: 20 abr. 2010.

VALE, A. T. do et al. Estimativa do poder calorífico superior do carvão vegetal de madeira de *Eucalyptus grandis* em função do teor de carbono fixo e do teor de materiais voláteis. **Brasil Florestal**, Brasília, n.73, p.47-52, 2002. Disponível em: < <http://www.ibama.gov.br/ojs/index.php/braflor/search>>. Acesso em: 05 ago. 2010.

VALENTE, O. F. Carvão e lavoura. **Estado de Minas**, Minas Gerais, p.9, 2009.

VITAL, B. R. et al. Influência da casca no rendimento e na qualidade do carvão vegetal de *Eucalyptus grandis*. **IPEF**, Piracicaba, n.41/42, p.44-49, 1989.

## **APÊNDICES**

**Apêndice A – Análise estatística das marcas comercializadas em Alegre, Jerônimo Monteiro e Cachoeiro e Itapemirim**

• **MUNICÍPIO DE ALEGRE**

		Quadrados Médios												
Fontes de variação	Grau Liberdade	C/H	C/N	PCS	OXIG	ENX*	HIDR*	CARB	NIT	TCZ	TCF*	TMV*	UMID	DENS
Marca	2	22,8064	11998,30	197457,50	3,2819	0,0564	0,3636	4,9213	0,0221	0,1690	64,9229	68,6037	0,9085	0,0072
Resíduo	22	10,2098	6831,13	68600,52	12,4900	0,0090	0,0933	14,1396	0,0143	1,1010	17,9602	17,2867	1,5077	0,0063

\* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

• **MUNICÍPIO DE JERÔNIMO MONTEIRO**

		Quadrados Médios												
Fontes de variação	Grau Liberdade	C/H	C/N*	PCS	OXIG	ENX	HIDR	CARB	NIT*	TCZ*	TCF	TMV	UMID	DENS
Marca	3	30,6579	68901,23	7230,39	2,5160	0,0003	0,2599	3,5331	0,0677	10,5654	3,1148	22,9603	0,5762	0,0068
Resíduo	10	17,2698	19842,51	82338,82	9,3999	0,0004	0,1274	11,2133	0,0169	2,2498	12,7562	11,6619	0,9626	0,0086

\* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

• **MUNICÍPIO DE CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM**

		Quadrados Médios												
Fontes de variação	Grau Liberdade	C/H	C/N*	PCS	OXIG	ENX	HIDR	CARB	NIT*	TCZ	TCF	TMV	UMID	DENS
Marca	1	17,4363	123047,50	11185,78	0,0169	0,0000	0,0937	0,0616	0,0372	0,7403	5,5366	10,3260	1,8558	0,0007
Resíduo	11	40,3471	86521,09	98380,75	15,2697	0,0002	0,1602	17,6480	0,0052	0,6474	23,7420	24,0493	0,7442	0,0005

\* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

**Apêndice B** – Análise estatística da comparação das características físicas e químicas do carvão vegetal de cada município

Fontes de variação	Grau Liberdade	Quadrados Médios												
		C/H	C/N*	PCS*	OXIG*	ENX*	HIDR*	CARB*	NIT*	TCZ*	TCF*	TMV*	UMID*	DENS
Municípios	2	459,741	105009,40	721420	44,59	0,0223	3,1862	75,9700	0,0714	6,2857	176,8948	178,2867	7,8419	0,0046
Resíduo	50	21,7899	16566,80	82088,0	11,843	0,0064	0,1408	13,7877	0,0170	1,7431	19,4712	20,2715	1,1899	0,0053

\* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.