**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Carvão vegetal para cocção de alimentos: aspectos mercadológicos e de
qualidade para o consumo**

Ananias Francisco Dias Júnior

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em
Ciências, Programa: Recursos Florestais. Opção em
Tecnologia de Produtos Florestais

**Piracicaba
2018**

Ananias Francisco Dias Júnior
Engenheiro Florestal

**Carvão vegetal para cocção de alimentos: aspectos mercadológicos e de
qualidade para o consumo**

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **JOSÉ OTÁVIO BRITO**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em
Ciências, Programa: Recursos Florestais. Opção em
Tecnologia de Produtos Florestais

Piracicaba
2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Dias Júnior, Ananias Francisco

Carvão vegetal para cocção de alimentos: aspectos mercadológicos e de qualidade para o consumo / Ananias Francisco Dias Júnior. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2018.

105 p.

Tese (Doutorado) - - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Qualidade do carvão para cocção 2. Churrasco 3. Gestão pela qualidade 4. Energia da madeira I. Título

DEDICATÓRIA

*À memória do meu pai Ananias, que deixou saudades
e sempre me impulsionou a seguir adiante.*

*À minha mãe Elena, por tudo perfeito que fez e faz por mim até hoje.
Por entender os meus atos, a minha displicência e a minha ausência.
O amor pela Sra não se mensura Mãe.*

*Aos meus sobrinhos Luis e Elisa, para que tomem como exemplo
de que é possível ir além do que temos.*

A todo povo trabalhador brasileiro.

AGRADECIMENTOS

À Deus pelo milagre da vida, pela força diária movida pela fé nessa nova vida, por tudo que me permitiu vivenciar, sentir e conhecer até hoje.

À minha mãe Elena pelo carinho, pelas constantes orações, pelos cuidados dispensados a mim sempre com o zelo de como se eu ainda fosse uma criança, por compreender que a minha ausência me faz crescer, por tudo que fez e sacrificou para que eu chegasse até aqui, por sonhar e chorar diversas vezes comigo e por ser a minha Mamis.

À minha irmã Arlene e aos meus sobrinhos Luis e Elisa, por sempre permitirem bons momentos todas as vezes que retorno a velha casa. E por estarem na companhia da nossa mãe. Perdõem-me a minha ausência na vida de vocês, por não ver vocês crescerem e não dividir tantos momentos especiais.

Ao professor, mestre e amigo José Otávio Brito. Pelo entusiasmo constante, pelas oportunidades e cuidados dispensados, pela ajuda nos vãos mais altos, por tudo que fez por mim em todos esses anos. Ao Sr direciono a minha profunda admiração, pelo mestre e pela grande pessoa que é. Orgulho-me de ter sido o seu orientando.

À Tamires Partelli (Tatá) por ser a minha companheira, por dividir tantos momentos, por entender a minha ausência e mesmo assim me incentivar; por permitir me reinventar todos os dias, pelas alegrias das crianças (Angeli, Sônia, Tigrão e Vivi) e, principalmente, por fazer parte da minha vida! Eu amo você menina.

Às Instituições pelo fornecimento das bolsas de estudos ao longo desses anos: CAPES (2014-2015), IPEF (2015-2016) e ao CNPq-142075/2016-7 (2016-2017).

Aos meus bons amigos Hermes (Kbç) e Carlos Andrade (Wine). Só vocês sabem como foi a adaptação em Piracicaba. Obrigado por me receberem, por me incentivarem, por me ajudarem nas diversas etapas da tese e da vida e, principalmente, por acreditarem em mim quando nem eu mesmo acreditava. Muito obrigado!

Aos amigos Artur Lana e Francisco Bernades pela amizade diária, pelos trabalhos que fizemos e lugares que fomos. A minha essência contempla muito de vocês.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo e ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Florestais (PPGRF), por oferecer a estrutura e o suporte técnico necessário para a realização da pesquisa. A belíssima paisagem proporcionada ao caminhar nas suas alamedas será sempre uma ótima lembrança. É um orgulho fazer parte dessa história.

Aos dedicados técnicos pelo auxílio durante as diversas atividades do doutoramento. Giovanna Monteiro (Gi), amiga, psicóloga, *promoter*, por entender e nos auxiliar nas etapas da pós-graduação. Udemilson Ceribelli (Udi), pelos ensinamentos diários, por sempre repassar o bem, por todas as orientações nas análises, por ser o nosso mestre. Ao Aparecido (Cidinho), por sempre e a qualquer hora não exitar em ajudar seja no que for. Ao Rodrigo Pessanha (SVPG), por sempre estender a mão, pelas sábias palavras e pelo incentivo de nunca desistir. À Maria (Mary), pelos cafezinhos da tarde, por ser tão doce e nos escutar. Aos demais, Alex, Jerônimo, Amarildo, Facco, Yvan, o meu muito obrigado.

Aos funcionários da Biblioteca Central da ESALQ/USP, em especial à Eliana Maria Garcia por todo o auxílio e ajuda dispensada para formatação da tese, cursos de formação e toda dedicação sempre que foi preciso.

Às Repúblicas do “Galo” e “Paiol” e por quem nelas passaram: Alê, Danyllo, Marcos, Shilton, Tony, João Paulo, Victor, Daniel Leal, Rafael, Fernando, Thiago, pelo acolhimento inicial, pela amizade cotidiana, por se tornarem mais que amigos, pelos agradáveis momentos, por tantas ajudas acadêmicas e pessoais, pelo prazer de dizer que são meus amigos.

Aos membros do LQCE Camila Sarto, Carol Kravetz, Flávia Sarti, Glauco Stape, Helena Arthuso, Ivan Chagas, Juliana Brito, Juliana Siviero, Luciana Jankowsky, Lucas Garcia, Lucas Pirola, Lygia Miolaro, Marina Marinex, Tetti e Wesley. O prazer foi todo meu em conhecê-los e dividir tantos momentos nesses anos.

Aos agregados do LQCE que além de diversos trabalhos, também foram diversos os momentos divididos: Alê, Ana Lúcia, Angel, Daniela, Dani Dantas, Fafá, Lucas Casca, Luiz Santini, Jose Peña, Maria, Netinho, Ricardo Peru, Rosi Pompeu, Paula Surdi, Saly Takeshita.

Aos amigos da UFRRJ que sempre fizeram presentes apesar da distância. Aos Kappas: Carlucio, Elias Man, Fernando Zezos, Goio, Jander Patola, Joshua, Jubileu, Manoel Necas, Rodrigo, Ueliton Zangat, Zeh, Carlinha e Cadu. Os bons momentos sempre serão lembrados.

Aos amigos Hugo Thaner e Tiago de Conto pela força inicial ao optar pela ESALQ/USP, por sempre estarem dispostos a ajudar, por serem os meus primeiros tutores e pessoas que sempre posso contar.

Aos amigos de longa data, da Agrotécnica, da vida que sempre alegram e estão a me esperar quando retorno a velha casa: Edvaldo, Mercês, Quel, Raymisson, Sóstenes, Zica... Saudades de vocês.

Aos Professores do Departamento de Ciência Florestal da ESALQ/USP que sempre abriram as portas para novas ideias e novos trabalhos: Adriana Nolasco, Francides Gomes, Geraldo Bortoletto, Hudson Carvalho, Mário Tommasiello; o meu muito obrigado.

Aos Professores da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) pela parceria, créditos e oportunidades para diversos trabalhos, auxílios, portas abertas e amizade sincera: Alexandre Miguel, Alexandre Monteiro, Azarias Machado, João Latorraca e Natália Dias.

Sei que são muitos, e me desculpem pelo esquecimento de quem aqui não mencionei. O coração é muito grande e nele cabe o que não cabe na dispensa; certamente, cabem tod@s vocês. Vocês foram muito importantes nessa etapa e agradeço com muito carinho e eterna gratidão.

Muito obrigado!! S2

EPÍGRAFE

*Eu sou carvão!
E tu arrancas-me brutalmente do chão
e fazes-me tua mina, patrão.*

*Eu sou carvão!
E tu acendes-me, patrão,
para te servir eternamente como força motriz
mas eternamente não, patrão.*

*Eu sou carvão
e tenho que arder sim;
queimar tudo com a força da minha combustão.*

*Eu sou carvão;
tenho que arder na exploração
arder até às cinzas da maldição
arder vivo como alcatrão, meu irmão,
até não ser mais a tua mina, patrão.*

*Eu sou carvão.
Tenho que arder
Queimar tudo com o fogo da minha combustão
Sim!
Eu sou o teu carvão, patrão.*

Grito Negro (José Craveirinha)

SUMÁRIO

RESUMO.....	9
ABSTRACT	10
LISTA DE FIGURAS.....	11
LISTA DE TABELAS.....	12
1. INTRODUÇÃO	13
REFERÊNCIAS	16
2. ASPECTOS MERCADOLÓGICOS DO CARVÃO VEGETAL UTILIZADO PARA COCÇÃO DE ALIMENTOS	17
RESUMO	17
ABSTRACT.....	17
2.1. INTRODUÇÃO.....	18
2.2. MATERIAL E MÉTODOS	20
2.2.1. Amostragem do carvão vegetal	20
2.2.2. Coleta de dados.....	20
2.2.3. Análise dos dados	21
2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
2.4. CONCLUSÕES.....	34
REFERÊNCIAS	34
3. EXISTE VARIABILIDADE ENTRE AS CARACTERÍSTICAS DO CARVÃO VEGETAL UTILIZADO PARA COCÇÃO DE ALIMENTOS?.....	37
RESUMO	37
ABSTRACT.....	37
3.1. INTRODUÇÃO.....	38
3.2. MATERIAL E MÉTODOS	39
3.2.1. Amostragem do carvão vegetal	39
3.2.2. Análises laboratoriais	40
3.2.3. Análises dos dados	41
3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	42
3.3.1. Briquetes de carvão	42
3.3.2. Carvão vegetal	45
3.4. CONCLUSÕES.....	59
REFERÊNCIAS	59
4. DETECÇÃO DE HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS NO EXTRATO DO CARVÃO VEGETAL UTILIZADO PARA COCÇÃO DE ALIMENTOS.....	63
RESUMO	63
ABSTRACT.....	63
4.1. INTRODUÇÃO.....	64
4.2. MATERIAL E MÉTODOS	65
4.2.1. Seleção das amostras de carvão vegetal	65
4.2.2. Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs)	66
4.2.3. Análise dos dados	67
4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	67
4.4. CONCLUSÕES.....	73
REFERÊNCIAS	73

5. DESDOBRAMENTO DA QUALIDADE DO CARVÃO VEGETAL VISANDO A ADEQUAÇÃO PARA USO NA COCÇÃO DE ALIMENTOS.....	77
RESUMO.....	77
ABSTRACT	77
5.1. INTRODUÇÃO	78
5.2. MATERIAL E MÉTODOS	79
5.2.1. Área de estudo e interação com o consumidor	79
5.2.2. Função desdobramento da qualidade (QFD)	80
5.2.3. Causas e efeitos associados à qualidade do carvão vegetal	84
5.2.4. Análise dos dados	84
5.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	84
5.4. CONCLUSÕES	90
REFERÊNCIAS	91
6. CONCLUSÕES GERAIS.....	95
ANEXOS	97
APÊNDICE.....	97

RESUMO

Carvão vegetal para cocção de alimentos: aspectos mercadológicos e de qualidade para o consumo

O Brasil é o maior produtor e consumidor mundial de carvão vegetal, sendo a maior parte utilizada na siderurgia. Há, no entanto, estimativas de que o uso para cocção de alimentos (churrasco) demanda, no mínimo, 10% de todo o carvão produzido no país. São vários os aspectos que devem ser considerados durante o uso do carvão vegetal, como integrante ao preparo do alimento. Existe uma diversidade de marcas disponíveis ao consumidor, entretanto, muitas delas não dispõem de padrões mínimos de qualidade, além de não apresentarem parâmetros ambientais e sociais em sua produção. É muito comum que, uma mesma marca comercial seja oriunda de diversas fontes, da mesma forma que, a partir de uma mesma fonte, possam ser disponibilizadas diversas marcas. O conhecimento dos aspectos relacionados à obtenção do produto e da sua qualidade por parte do consumidor, aumentaria as chances de sucesso na introdução de melhorias em sua cadeia de produção. É nesse contexto que se desenvolve esta pesquisa, tendo como objetivo geral analisar a qualidade do carvão vegetal para cocção de alimentos por meio da avaliação dos aspectos mercadológicos e de qualidade para o referido consumo. Os resultados são apresentados nos capítulos dois, três, quatro e cinco deste trabalho de tese de doutorado.

Palavras chave: Variabilidade; Sazonalidade; Churrasco; Consumidor

ABSTRACT

Charcoal barbecue: market aspects and quality for consumption

Brazil is the world's largest producer and consumer of charcoal, with most of it used in the steel industry. However, estimates indicate that the use for barbecue demands at least 10% of all the charcoal produced in the country. There are several aspects that must be considered during the use of charcoal as part of the preparation of the food. There are a variety of trademarks available to consumers, however, many of them have minimum quality standards, besides not having environmental and social parameters in their production. Commonly, the one same trademark comes from a variety of sources, in the same way that different trademark can be made available from the same source. Knowledge of the aspects related to obtaining the product and its quality by the consumer, increase the chances of success in introducing improvements in your production chain. It is in this context that this research was developed, with the general objective of analyzing the quality of charcoal for barbecue through the evaluation of the market aspects and quality for consumption. The results are presented in chapters two, three, four and five of this doctoral thesis.

Keywords: Variability; Seasonality; Barbecue; Consumer

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estados fornecedores de carvão vegetal identificados na primeira (A) e segunda fase (B) da amostragem.	24
Figura 2. Preços do carvão vegetal comercializado para cocção de alimentos por categoria comercial.	26
Figura 3. Distribuição dos preços de carvão vegetal para a primeira (A) e segunda fase (B) da amostragem dos produtos.	27
Figura 4. Informações coletadas nas embalagens de carvão vegetal durante as duas fases do estudo.	29
Figura 5. Diagrama de ordenação dos itens e informações levantados nas embalagens dos produtos coletados na Fase I considerando os escores e autovetores da componente principal I e da componente principal II.	32
Figura 6. Diagrama de ordenação dos itens e informações levantados nas embalagens dos produtos coletados na Fase II considerando os escores e autovetores da componente principal I e da componente principal II.	32
Figura 7. Valores médios do ensaio de combustão.	44
Figura 8. Correlações obtidas entre a densidade aparente, índice de combustão (A) e taxa de degradação (B).	44
Figura 9. Correlação entre a densidade aparente e porosidade para os produtos coletados na Fase I (A) e Fase II (B).	48
Figura 10. Correlações entre os preços dos produtos e poder calorífico superior (A) e densidade aparente (B).	55
Figura 11. Diagrama de ordenação das características analisadas nos carvões coletados durante a Fase I considerando os escores e autovetores da componente principal I e da componente principal II.	56
Figura 12. Diagrama de ordenação das características analisadas nos carvões coletados durante a Fase II considerando os escores e autovetores da componente principal I e da componente principal II.	58
Figura 13. Cromatograma obtido para os HPAs analisados nos carvões I10 e I11.	70
Figura 14. Casa da qualidade.	81
Figura 15. Modelo de Kano, que relaciona os requisitos do produto à satisfação do consumidor.	82
Figura 16. Itens da qualidade com os respectivos pesos absolutos e relativos.	87
Figura 17. Avaliação comparativa das exigências de qualidade.	88
Figura 18. Fatores contribuintes para problemas na qualidade do carvão vegetal utilizado para churrasco.	89

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Marcas de carvão vegetal coletadas durante as duas fases da amostragem.	22
Tabela 2. Preços de carvão vegetal para as duas fases da amostragem.	25
Tabela 3. Características físicas, químicas e mecânicas dos briquetes.	42
Tabela 4. Composição do material, umidade e densidade aparente.	45
Tabela 5. Densidade e porosidade dos carvões coletados.	47
Tabela 6. Análise imediata dos carvões coletados.	49
Tabela 7. Poder calorífico dos carvões coletados.	52
Tabela 8. Resultados do ensaio de tamboramento e friabilidade.	53
Tabela 9. Ensaio de combustão dos carvões coletados.	54
Tabela 10. Compostos analisados no carvão vegetal.	67
Tabela 11. Valores médios das características analisadas nos carvões.	68
Tabela 12. Equações das calibrações obtidas para os hidrocarbonetos analisados.	69
Tabela 13. Compostos (HPAs) detectados no carvão vegetal.	70
Tabela 14. Ensaio realizados para análise dos produtos.	81
Tabela 15. Conversão das necessidades dos consumidores em qualidades exigidas.	86

1. INTRODUÇÃO

O carvão vegetal tem sido essencial para a humanidade desde longa data, existindo inúmeras possibilidades para sua utilização. Como matéria-prima ou fonte de energia, associa-se o seu uso na indústria química e farmacêutica, mas é na siderurgia e metalurgia que a sua utilização é ampla e fortemente difundida. Todavia, para os consumidores, o seu uso mais comum é para a cocção de alimentos ou popularmente denominada de “churrasco”, por meio do qual se tem o contato direto com o produto (DIAS JÚNIOR et al., 2015).

Para atender as diversas aplicações, a atividade carvoeira no Brasil é líder mundial em produção e, ao mesmo tempo em consumo, porém tem se evidenciado que ainda é caracterizada pelo pouco reconhecimento e valorização do setor, sendo muitas vezes relacionada à discriminação, marginalização e ao pouco valor econômico, ambiental e social. É importante mencionar que tais fatos não se difundiram em função das atuais pressões ambientais que vem sendo feitas com o intuito de proteger o planeta. Isso é decorrente de diversas manifestações de um mau julgamento técnico e que, até hoje, implica em alguns mecanismos de utilização. Exemplo disso é o de que, há algumas décadas, após a sua produção, era imposto que o seu armazenamento fosse feito por um período de oito dias a fim de evitar “combustão espontânea”. Além disso, recomendações para sua rápida utilização, uso imediato (não armazenar) e até o desprestígio pela aquisição e utilização do carvão oriundo de pequenos produtores (argumento de produção não controlada) eram práticas observadas no Brasil e em alguns países da Europa (BERGSTROM, 1947). Hoje já se sabe que o carvão necessita de elevada temperatura para inciar a combustão assim como, a técnica da carbonização é bem conduzida pelos produtores de carvão no país (ROHDE, 2005).

As metodologias utilizadas para produção de carvão vegetal no país, na sua grande maioria, ainda são artesanais, e apesar de diversos estudos sobre o tema, ainda não há planos estratégicos de controle de qualidade voltados para averiguação do carvão através da rastreabilidade, do forno até o consumidor final. A sobrevivência do setor dependerá da valorização da cadeia, englobando os diversos agentes envolvidos na produção, distribuição e comercialização, mas acredita-se que para isso será preciso a participação ativa dos consumidores, introduzindo as suas necessidades aos produtos, como forma de contribuição para o fortalecimento do setor.

No Estado de São Paulo, no ano de 2000, o Sindicato de Carvão e Lenha (SINCAL), com o apoio do Serviço de Apoio às Micros e Pequenas Empresas de São Paulo (SEBRAE/SP) promoveu o lançamento do Prócarvão. Por meio deste programa, houve o

envolvimento de um bom número de micro e pequenas empresas, onde se observou que as mesmas encontravam-se desestruturadas e despreparadas para atender minimamente as demandas sociais, culturais e econômicas a elas impostas (PRÓCARVÃO, 2000).

Esta iniciativa culminou com a criação do “Selo Carvão Premium do Estado de São Paulo”, regido pela Secretaria de Agricultura e Abastecimento (SAA), a Resolução SAA nº. 10 de 2003. De adesão voluntária, ela atribui requisitos mínimos para as características do carvão vegetal para cocção de alimentos (“churrasco”) e para o atendimento de exigências legais, ambientais e sociais durante a sua produção. Essa Resolução foi revisada e, atualmente vigora a Resolução SAA nº. 40 de 2015, com algumas alterações em relação a do ano de 2003. Não obstante, além do Estado de São Paulo ser o pioneiro a subsidiar, mesmo que por adesão voluntária, mecanismos para controle de qualidade dos produtos distribuídos no Estado, o mesmo oficializou no ano de 2014, junto à Câmara de Produtos Florestais, a Comissão Especial em Carvão Vegetal do Estado de São Paulo (CECV/SP). Dela participam produtores de carvão vegetal com o objetivo de atender o comércio de cocção de alimentos. Integram a ela ainda, comerciantes; gestores; agentes ambientais; sociais e de saúde pública; e, diversos interessados na sua cadeia produtiva.

Importante ainda ser mencionado, que existem no Estado de São Paulo, unidades produtoras de carvão que podem ser consideradas exemplos do segmento. Apesar da utilização de fornos considerados artesanais (de encostas de alvenaria) as unidades se apoiam em boas práticas de qualidade, rastreabilidade e bom exemplo de trabalho funcional, já que observa a boa conduta frente à força de trabalho. Mesmo sendo um trabalho considerado “duro”, é possível produzir atendendo aos diversos aspectos que permeiam a sua produção. As ações ecoaram e as unidades recebem constantes visitas de comitivas internacionais, como da África Subsaariana, com vistas a adequar o modelo produtivo de seus países, assim como participam de programas exclusivos frente a diversos meios de comunicação. A unidade contribui ainda com Instituições de educação e pesquisas visando adquirir conhecimentos para, posteriormente, serem incorporados ao sistema produtivo, e mais recentemente, buscam a adequação para exportação para países da América do Norte e da Ásia.

Apesar da existência de normas de padronização, como as da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que regulamentam os ensaios e análises no carvão vegetal, a resolução Selo Carvão Premium é a única disponível na federação brasileira com caráter de padronização, visando a qualidade dos produtos distribuídos. Sabe-se que na Europa e nos EUA existem normas que estabelecem parâmetros mínimos de uso de combustíveis, como

carvão e briquetes, e dos aparatos utilizados na cocção de alimentos (AFNOR, 2005; WARNES, 2008).

O conhecimento do consumidor pode contribuir com a cadeia produtiva do carvão se ele ampliar o olhar para o produto que está adquirindo e se as suas expectativas frente ao uso fossem atendidas. Esta prática possibilitaria a melhoria da imagem da cadeia produtiva do carvão vegetal, aumentando a eficiência de produção, redução de custos, capacitação da força de trabalho e ampliação de mercados e novos clientes, possibilitando a harmonia do setor.

Em termos de qualidade, a sazonalidade é outro fator muito importante. A manutenção da disponibilidade do produto nas prateleiras (neste caso o, carvão vegetal), ao longo do tempo, promove um *feedback* de informações que permite a tomada de decisões estratégicas com o intuito de melhorar a qualidade do carvão e adaptá-lo, quando necessário, às necessidades do consumidor (OKELLO et al., 2013). Isso poderia culminar, por exemplo, com a constante disponibilidade de um dado produto aos consumidores no momento da compra.

A hipótese levantada neste estudo foi a de que a qualidade do carvão vegetal varia em função das marcas comercializadas e das categorias comercializadores dos produtos. A referida qualidade deve ainda ser considerada em função de suas características e de seus efeitos ao ambiente consumidor ao qual está inserida. Para isso, buscou-se, inicialmente, estudar os aspectos do mercado, as características do produto (regulares e aquelas potencialmente nocivas) e então, de posse desse conhecimento, o autor buscou a interação com os consumidores, visando o levantamento do produto almejado por eles.

Diante do exposto, visando atender a escassez de estudos relativos à qualidade do carvão para churrasco, assim como entender o seu efeito sobre os consumidores, foi realizado este trabalho de pesquisa, que teve como objetivo geral analisar a qualidade do carvão vegetal para cocção de alimentos, com base nos aspectos mercadológicos e qualitativos, envolvendo a análise das suas características, propriedades e das necessidades do consumidor. Para tanto, essa tese de doutorado foi dividida em cinco capítulos, a saber:

Capítulo 1. Esta introdução geral.

Capítulo 2. Aspectos mercadológicos do carvão vegetal utilizado para cocção de alimentos.

Neste, objetivou-se avaliar alguns aspectos de mercado e venda do carvão vegetal utilizado para churrasco.

Capítulo 3. Existe variabilidade entre as características do carvão vegetal utilizado para cocção de alimentos?

Neste capítulo o objetivo foi analisar a qualidade do carvão vegetal utilizado para churrasco, com base nas suas propriedades, físicas, químicas e mecânicas.

Capítulo 4. Detecção de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos no extrato do carvão vegetal utilizado para cocção de alimentos.

Neste capítulo, objetivou-se a detecção de compostos hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs), nocivos e com possibilidade de risco à contaminação de alimentos durante a cocção.

Capítulo 5. Desdobramento da qualidade do carvão vegetal utilizado para cocção de alimentos.

Neste capítulo, o principal objetivo foi levantar e definir junto com os consumidores as principais características do carvão para uso em cocção.

Referências

ASSOCIATION FRANÇAISE DE NORMALISATION - AFNOR. **NF EM 1860-2:** appareils, combustibles solides et allume: barbecue pour la cuisson au barbecue. Saint Denis; 2005. 29p.

BERGSTROM, H. **Kolning i Ugn (Carbonização em fornos)**. Jernkontoret, 1º ed. Estocolmo, 1947. 96p.

DIAS JÚNIOR, A. F.; ANDRADE, C. R.; BRITO, J. O.; MILAN, M. Desdobramento da função qualidade na avaliação da qualidade do carvão vegetal utilizado para cocção de alimentos. **Floresta & Ambiente**, v. 22, n. 2, 2015.

OKELLO, C.; PINDOZZI, S.; FAUGNO, S.; BOCCIA, L. Bioenergy potential of agricultural and forest residues in Uganda. **Biomass & Bioenergy**, n. 56, p. 515-525, 2013.

PROGRAMA DE QUALIFICAÇÃO E CERTIFICAÇÃO DO CARVÃO VEGETAL NO ESTADO DE SÃO PAULO – PRÓCARVÃO. **Relatório descritivo SEBRAE**. São Paulo. 2002. 63p.

ROHDE, G. M. **Evidências científicas da impossibilidade da combustão espontânea do carvão vegetal produzido no Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Fundação de Ciência e Tecnologia – CIENTEC, 2005. 27p.

WARNES, A. **Savage barbecue: race, culture and the invention of america's first food**. Geórgia: British Library, 2008. 201p.

2. ASPECTOS MERCADOLÓGICOS DO CARVÃO VEGETAL UTILIZADO PARA COCÇÃO DE ALIMENTOS

Resumo

Este capítulo teve por objetivo avaliar alguns aspectos mercadológicos do carvão vegetal utilizado para cocção de alimentos (churrasco). Para isso, foi conduzida uma amostragem do produto em estabelecimentos comerciais da cidade de Piracicaba, SP, compreendida em duas fases, sendo a primeira realizada em dezembro de 2014 e a segunda em dezembro de 2015. Foram sorteados dez estabelecimentos comerciais de cada uma das categorias propostas (rede de supermercados, supermercados independentes, casas de carnes ou açougues, auto postos de combustíveis e uma categoria denominada “outros”). Foram coletadas amostras do produto das marcas presentes no momento das visitas. Analisou-se a frequência entre marcas e entre categorias comerciais assim como os aspectos mercadológicos econômicos e técnicos dos produtos coletados. Verificou-se a existência de diversas marcas de carvão vegetal comercializadas nas categorias estudadas. A maioria dos fornecedores do produto situa-se no Estado de São Paulo. O preço do carvão vegetal apresentou variações entre as duas etapas de amostragem, com a maior média observada para a categoria auto posto de combustíveis. Os padrões das informações disponíveis nas embalagens do produto foram diversificados, sendo os da categoria rede de supermercados os mais completos.

Palavras-chave: Preços e embalagens; Sazonalidade; Métodos multivariados

Abstract

This study aimed to evaluate some qualitative and market aspects of charcoal used for barbecue. For this, a sampling of the product was conducted in commercial establishments of the Piracicaba, SP city, divided into two phases: the first one held in December 2014 and the second in December 2015. Ten commercial establishments of each of the proposed categories (supermarket chain, independent supermarkets, meat shops, auto fuel shops and a category called "others") were drawn, where samples of the product of the trademarks present at the time of the visits were collected. We analyzed the frequency between trademarks and between commercial categories as well as the economic and technical market aspects of the products collected. It was verified the existence of several trademarks of charcoal marketed in the categories studied. Most of the suppliers of the collected product are located in São Paulo State. The price of charcoal presented variations between the two sampling stages, with the highest average observed for the auto fuel shops category. The information standards available on the packaging of the product were diversified, the supermarket chain category being the most complete.

Keywords: Prices and packaging; Seasonality; Multivariate methods

2.1. Introdução

O carvão vegetal tem sido um produto essencial para a humanidade, existindo inúmeras as possibilidades para a sua utilização. Como matéria-prima ou fonte de energia, associa-se o seu uso na indústrias química e farmacêutica, mas é na siderurgia e metalurgia que o seu uso é amplo e fortemente difundido (BRITO, 1993). Para o consumidor, o seu uso mais conhecido é na cocção de alimentos ou o popular “churrasco”, por meio do qual ele tem o contato direto com o produto. A cocção foi a primeira prática de preparação de alimentos realizada pela humanidade (WARNES, 2008).

A atividade carvoeira no Brasil é líder mundial em produção e, ao mesmo tempo, em consumo de carvão. Porém, tem se evidenciado que esta atividade ainda é caracterizada pela pouca valorização do setor, sendo, muitas das vezes, relacionada à discriminação, marginalização e à existência de pouco valor econômico, ambiental e social (RUEDA et al., 2015).

Segundo Meira et al. (2005), a produção de carvão vegetal é uma importante atividade econômica identificada em quarenta municípios do Estado de São Paulo, muitos deles com sérios problemas socioambientais (emissões gasosas, supressão de florestas nativas, questões trabalhistas e outras). Especificamente, o Estado paulista se destaca como importante produtor de carvão vegetal, produzindo, em média, $20.000 \text{ t mês}^{-1}$, e um consumo que atinge a $22.000 \text{ t mês}^{-1}$. A diferença entre o que é consumido e o produzido é suprida por outros Estados. Em 2002, no Estado de São Paulo, existiam, aproximadamente, dois mil produtores/distribuidores de carvão (MEIRA, 2002). Atualmente, segundo o Sindicato de Carvão e Lenha do Estado de São Paulo, é possível que esse número seja em torno de quatro mil (COMUNICAÇÃO PESSOAL COM O SINCAL). Isso possibilita que, muitas vezes, uma mesma marca de carvão seja oriunda de diferentes produtores/distribuidores, da mesma forma que, um mesmo produtor comercializa o produto para diversas marcas de carvão vegetal (MEIRA, 2002). Existem ainda os distribuidores, sendo aqueles que não produzem carvão, apenas compram, empacotam e comercializam com a sua própria marca. A inexistência de um monitoramento sistemático de inspeção de qualidade pode implicar na distribuição de produtos com características indesejadas para uso na cocção alcançando um grande número de consumidores, devido ao fato de pertencerem a marcas diferentes, ainda que o fornecedor seja o mesmo.

As pesquisas realizadas no Brasil em relação à qualidade do carvão vegetal têm sido voltadas, principalmente, para as demandas do setor siderúrgico, devido ao caráter econômico

fortemente envolvido nesta cadeia produtiva. Consequentemente, são escassos os estudos voltados para os aspectos do carvão vegetal para fins de cocção (DIAS JÚNIOR et al., 2015a).

No Brasil, o único mecanismo formal que estabelece diretrizes para controle de qualidade de carvão vegetal para cocção de alimentos é o da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo (SAA/SP). Trata-se do “Selo São Paulo – Carvão Premium”, promulgado pela Resolução nº. 40 SAA, de 14 de dezembro de 2015. De adesão voluntária, essa Resolução visa determinar um padrão de qualidade para o carvão vegetal usado na cocção, incluindo indicadores para umidade, teor de carbono fixo, teor de materiais voláteis, teor de cinzas, granulometria, força de trabalho utilizada, dentre outros aspectos (SÃO PAULO, 2015).

Além de atributos técnicos para qualificação do uso do carvão vegetal, questões inerentes às embalagens dos produtos, como tamanho, tipo (papel ou plástico), acendedores combustíveis, presença de alça e as informações disponibilizadas, constituem itens importantes a serem observados na aquisição do insumo energético (DIAS JÚNIOR et al., 2015b). Informações relacionadas à autorização da produção pelos órgãos ambientais fiscalizadores, origem da madeira utilizada na produção, entre outros, são indicativos de que o produto atende a questões ambientais e sociais, buscando a satisfação do consumidor (MEIRA et al., 2005). Além disso, a citação do lote permitiria a rastreabilidade do produto, facilitando a implementação e o acompanhamento de um controle de qualidade (BRAND et al., 2015).

Apesar das dificuldades apontadas quanto à definição mais precisa da qualidade do carvão vegetal para preparação de alimentos, a busca de informações que possam ampliar o leque de referências acerca da questão é de fundamental importância, considerando-se uma maior valoração do produto junto ao usuário final. Nesse sentido, a hipótese deste trabalho é a de que a qualidade do carvão vegetal varia em função das marcas comercializadas, bem como das categorias comerciais varejistas que distribuem o produto. Supõe-se ainda, que a sazonalidade possa interferir nas características qualitativas e quantitativas do carvão vegetal disponibilizado ao consumidor varejista.

Diante do exposto, este capítulo teve por objetivo avaliar alguns dos principais aspectos mercadológicos que envolvem o carvão vegetal utilizado para cocção de alimentos (churrasco), tendo como referência o município de Piracicaba, SP. Da mesma forma, visou fornecer subsídios para futuras ações destinadas a despertar a atenção dos consumidores na aquisição do carvão.

2.2. Material e Métodos

2.2.1. Amostragem do carvão vegetal

Os produtos foram obtidos junto ao comércio de Piracicaba, SP. A cidade foi escolhida devido a sua relevância em relação à participação no consumo de carvão (PRÓCARVÃO, 2002). Realizou-se um processo de amostragem aleatório, com os estabelecimentos comerciais divididos nas cinco seguintes categorias: redes de supermercados (R), supermercados independentes (I), casa de carnes e, ou açougues (C), auto postos de combustíveis (A) e uma categoria de estabelecimentos denominada “outros” (O), esta constituída de mercearias, minimercados, padarias, quitandas e varejistas que comercializam carvão vegetal. Este procedimento foi realizado com base na ideia de que existe um controle de qualidade próprio nas categorias de maior porte comercial, fornecendo, dessa forma, produtos diferenciados aos consumidores.

Assim, dez estabelecimentos comerciais de cada categoria, foram sorteados (totalizando 50 estabelecimentos), localizados sob a área de referência dos 63 bairros que compõem o município de Piracicaba, SP. A lista dos estabelecimentos comerciais utilizada para o sorteio foi obtida junto à Associação Comercial e Industrial de Piracicaba, SP (ACIP). Com o intuito de analisar o efeito da sazonalidade sobre o carvão vegetal comercializado, a amostragem foi conduzida em duas fases. A primeira aconteceu em dezembro de 2014 e a segunda em dezembro de 2015. Os mesmos estabelecimentos foram visitados nesta segunda fase da amostragem da pesquisa.

Os produtos foram adquiridos em suas embalagens originais, sendo coletadas duas embalagens (3 e/ou 5 kg) de cada marca comercializada de carvão vegetal, de acordo com a disponibilidade do produto no momento da visita ao estabelecimento selecionado. Essa quantidade garantiu a aleatoriedade das amostras e a massa necessária para a realização dos ensaios propostos nos capítulos posteriores. Para efeito de comparação, na segunda fase da amostragem foram adquiridas somente as marcas disponíveis na primeira fase da amostragem, as demais foram nomeadas “ausentes”.

2.2.2. Coleta de dados

Com o intuito de se obter as informações necessárias, a exemplo de Meira (2002), foram aplicados questionários aos proprietários e funcionários dos estabelecimentos comerciais, buscando-se o entendimento de aspectos:

- **Econômico:** relativo ao preço do carvão; e,
- **Técnicos:** manuseio e qualidade, descrição das informações presentes nas embalagens, preferência pelo produto e opção pela troca ou marca do produto.

2.2.3. Análise dos dados

Os dados foram avaliados por meio da estatística descritiva (média, desvio padrão, coeficiente de variação, frequência absoluta e frequência relativa) e dos levantamentos das características e informações presentes nas embalagens dos produtos. Para os preços, realizou-se uma estratificação considerando a massa do produto e o valor comercializado. Foram testadas a normalidade (Kolmogorov) e a homocedasticidade das suas variâncias (Levene). Em seguida, conduziu-se a análise de variância (ANAVA) e para diferenciação múltipla das médias foi aplicado o teste Scott-Knott a 95% de probabilidade. Histogramas para observação das distribuições dos preços dos produtos, considerando as duas fases da amostragem, foram elaborados.

Realizou-se ainda, a análise multivariada de componentes principais (ACP), com o intuito de informar a proximidade entre os produtos coletados (marcas de carvão vegetal) em função das características das embalagens. Foi utilizada a lógica binária para cada item e/ou aspectos observados nas embalagens dos produtos (MINGOTI, 2013). Assim, cada item e/ou aspecto foi passível de dois valores: 1 (observados nas embalagens) e 0 (ausentes). Consideraram-se os valores padronizados com média zero e variância igual a um, para cada variável analisada. Para a ACP utilizou-se a matriz de correlação dos dados. As combinações lineares estabelecidas foram interpretadas por meio dos autovetores normalizados e das correlações entre as variáveis originais e das componentes principais formadas. As análises foram realizadas utilizando-se do *software* Minitab 16.0®.

2.3. Resultados e Discussão

A Tabela 1 apresenta os resultados para os produtos coletados na primeira e segunda fase do estudo. Na primeira, foram detectadas 10 marcas na categoria rede de supermercados, 8 marcas na categoria supermercados independentes, 3 marcas na categoria casa de carnes, 2 marcas nos auto postos de combustíveis e 8 marcas na categoria denominada “outros”.

Na segunda fase da amostragem observou-se que o número de marcas diminuiu consideravelmente, demonstrando a “volatilidade” dos produtos no mercado varejista. Para essa fase, foram obtidas 8 marcas da categoria rede de supermercados, 7 para a categoria

supermercados independentes, 2 marcas para as do segmentos casas de carnes e auto postos de combustíveis e 3 marcas na categoria “outros”. No intervalo entre as duas fases, observa-se que a categoria que mais diminuiu a disponibilidade de marcas do produto foi a categoria denominada “outros”.

Tabela 1. Marcas de carvão vegetal coletadas durante as duas fases da amostragem.

Marca		Frequência absoluta		Frequência relativa (%)		Localidade do produtor/distribuidor	
Fase I	Fase II	Fase I	Fase II	Fase I	Fase II	Fase I	Fase II
R1	R1	2	2	1,9	3,1	Nova Ponte, MG	Nova Ponte, MG
R2	R2	2	2	1,9	3,1	Cândido Mota, SP	Cândido Mota, SP
R3	R3	2	2	1,9	3,1	Maringá, PR	Maringá, PR
R4	R4	2	2	1,9	3,1	Lavras, MG	Lavras, MG
R5	R5	2	2	1,9	3,1	Maringá, PR	Maringá, PR
R6	R6	2	2	1,9	3,1	Bariri, SP	Bariri, SP
R7	Ausente	2	Ausente	1,9	Ausente	Paranapanema, SP	Ausente
R8	R8	4	4	3,7	6,3	Salto de Pirapora, MG	Atibaia, SP
R9	Ausente	2	Ausente	1,9	Ausente	Jacupiranga, SP	Ausente
R10	R10	2	2	1,9	3,1	Americana, SP	São Paulo, SP
I10	I10	2	2	1,9	3,1	Americana, SP	São Paulo, SP
I11	I11	4	4	3,7	6,3	Piracicaba, SP	Piracicaba, SP
I12	I12	2	2	1,9	3,1	Abaeté, MG	Abaeté, MG
I13	I13	4	2	3,7	3,1	Rio Claro, SP	Rio Claro, SP
I14	I14	4	4	3,7	6,3	Anhembi, SP	Anhembi, SP
I15	Ausente	2	Ausente	1,9	Ausente	Descalvado, SP	Ausente
I16	I16	2	2	1,9	3,1	Piracicaba, SP	Piracicaba, SP
I17	I17	2	2	1,9	3,1	Torrinha, SP	Torrinha, SP
C13	C13	14	6	13,0	9,4	Araras, SP	Rio Claro, SP
C16	C16	4	4	3,7	6,3	Piracicaba, SP	Piracicaba, SP
C18	Ausente	2	Ausente	1,9	Ausente	S ^{ta} Maria da Serra, SP	Ausente
A13	A13	8	2	7,4	3,1	Rio Claro, SP	Rio Claro, SP
A16	A16	14	10	13,0	15,6	Piracicaba, SP	Piracicaba, SP
O6	Ausente	2	Ausente	1,9	Ausente	Bariri, SP	Ausente
O7	O7	4	2	3,7	3,1	Paranapanema, SP	Paranapanema, SP
O11	Ausente	2	Ausente	1,9	Ausente	Piracicaba, SP	Ausente
O12	O12	2	2	1,9	3,1	Abaeté, MG	Abaeté, MG
O15	Ausente	2	Ausente	1,9	Ausente	Descalvado, SP	Ausente
O16	O16	6	2	5,6	3,1	Piracicaba, SP	Piracicaba, SP
O19	Ausente	2	Ausente	1,9	Ausente	Rio de Janeiro, RJ	Ausente
O20	Ausente	2	Ausente	1,9	Ausente	São Manuel, SP	Ausente
Σ: 31	22	108	64	100	100	-	-

Em que: R = rede de supermercados; I = supermercados independentes; C = casa de carnes; A = auto postos combustíveis; O = outros estabelecimentos.

A frequência dos produtos também apresentou variação entre as duas fases da amostragem. Por exemplo, o produto da categoria C (casa de carnes), marca 13 e o produto da categoria A (auto postos), marca 16, apresentaram elevadas frequências. Isso é justificado devido ao pequeno número de marcas disponíveis no momento da amostragem para as categorias supracitadas e, possivelmente, devido à presença da unidade produtora/distribuidora localizada no próprio município ou em cidades próximas aos estabelecimentos amostrados (BRAND et al., 2015). O aumento da frequência relativa observado da primeira para a segunda fase da amostragem, ocorreu devido à diminuição dos produtos nesse intervalo de tempo (31 para 22), uma vez que a metodologia desta pesquisa foi a de coletar somente os mesmos produtos disponíveis nas duas etapas da coleta.

É possível que o maior porte da categoria comercial proporcione um melhor controle de qualidade dos produtos, bem como a manutenção da oferta regular dos mesmos ao consumidor varejista. Neste sentido, as redes de supermercados seriam as detentoras de sistemas de inspeção de qualidade próprios em função dos aspectos mencionados, atrelados à diversidade de lojas distribuídas em diferentes regiões do país.

Supõe-se que a categoria de supermercados independentes, apesar de menor quando comparadas às redes de supermercados, apresentem regularidade de produtos disponíveis em função do seu porte comercial. Categorias como casa de carnes, auto postos de combustíveis e “outros”, geralmente, são de ocorrência local de um município e/ou bairro, onde a aquisição de produtos é feita considerando, principalmente, o menor preço e a proximidade dos fornecedores.

Observa-se, ainda, que algumas marcas são exclusivas de determinadas categorias estudadas (Tabela 1). Nas redes de supermercados, essa exclusividade é denominada “marca própria”. Estas possuem uma contínua inspeção, sendo acompanhadas as etapas que vão desde a aquisição da matéria-prima até o produto final. Existem marcas de produtos que foram identificadas em mais de um estabelecimento, fato também observado por Rosa et al. (2012) ao coletar carvão vegetal em diferentes lojas no Estado do Espírito Santo. Por exemplo, as marcas 6 e 7 aparecem nas redes de supermercados e na categoria outros, o produto 10, nas redes e nos supermercados independentes; as marcas 13 e 16, únicos da categoria auto postos combustíveis, também foram identificados nas categorias supermercados independentes e na categoria “outros”. Esses resultados coadunam com as observações levantadas por Meira (2002), de que um produtor/distribuidor pode fornecer o carvão vegetal para diversas marcas, assim como uma mesma marca de carvão vegetal pode ser oriunda de diversos produtores/distribuidores.

Neste sentido, de acordo com a Figura 1, considerando-se as duas fases da amostragem, a maioria dos produtores/distribuidores (mais de 70%) foi do Estado de São Paulo. O segundo Estado fornecedor de carvão vegetal foi Minas Gerais, contribuindo com 16,1% na primeira fase e 18,2% na segunda fase do estudo. Os outros Estados, com menores proporções foram Paraná e Rio de Janeiro.

Figura 1. Estados fornecedores de carvão vegetal identificados na primeira (A) e segunda fase (B) da amostragem.

A Tabela 2 apresenta os preços médios (R\$ kg⁻¹) dos produtos amostrados durante as duas fases do estudo. O maior preço observado, considerando-se as duas fases, foi para o produto R8 enquanto que o menor preço foi observado para o produto I15, identificado somente durante a primeira fase do estudo. Entre o intervalo das duas amostragens ocorreu um aumento de até 33,25% para o produto O12 e diminuição de 16,21% para o produto R4.

O transporte é um dos fatores que contribui para o aumento do preço do carvão vegetal (RIEGELHAUPT; PAREYN, 2010). Para Castro et al. (2007), os períodos de altas dos valores de comercialização incentivam a atividade carvoeira e a consequente diminuição do preço em virtude da elevada oferta proporcionada. Todavia, essa oferta é considerada instável, pois ocorre em função de condições edafoclimáticas, demanda e preço dos insumos envolvidos. Essa instabilidade é assim, ocasionada por flutuações estacionais e aleatórias, no decorrer do ano (REZENDE et al., 1988; COELHO JÚNIOR et al., 2006). Outro aspecto considerável é o de que, a variabilidade de preços no mercado de carvão vegetal se deve, em parte, ao grande número de produtores, distribuidores e fornecedores do produto (GUIMARÃES; JARDIM, 1982).

As marcas comerciais de produtos que têm as unidades fornecedoras próximas ao município podem baratear o valor final do carvão vegetal ao consumidor varejista (BRAND et al., 2015). Isso pode justificar o fato do produto R8 apresentar maior preço na primeira fase da amostragem quando comparada à segunda, uma vez que houve a troca de fornecedor de um

município mais distante (Salto de Pirapora, MG) para um mais próximo (Atibaia, SP) entre as duas amostragens.

Tabela 2. Preços de carvão vegetal para as duas fases da amostragem.

Fase I		Fase II		Variação (%)	Embalagem (kg)
Marca	Preço (R\$ kg ⁻¹)	Marca	Preço (R\$ kg ⁻¹)		
R1	3,30 _(0,0)	R1	3,99 _(0,0)	+17,29	3,0
R2	3,96 _(0,0)	R2	4,47 _(0,0)	+11,40	2,5
R3	4,16 _(0,0)	R3	4,74 _(0,0)	+12,23	2,5
R4	3,33 _(0,0)	R4	2,79 _(0,0)	-16,21	3,0
R5	3,44 _(0,0)	R5	3,31 _(0,0)	-3,78	8,0
R6	2,56 _(0,0)	R6	2,66 _(0,0)	+3,76	3,0
R7	2,83 _(0,0)	Ausente	-	-	3,0
R8	4,97 _(0,0)	R8	4,76 _(0,0)	-4,22	3,0
R9	3,48 _(0,0)	Ausente	-	-	4,0
R10	3,98 _(0,0)	R10	3,98 _(0,0)	-	5,0
I10	3,98 _(0,0)	I10	3,98 _(0,0)	-	5,0
I11	3,20 _(17,67)	I11	3,49 _(0,0)	+8,30	2,5
I12	2,67 _(0,0)	I12	3,00 _(0,0)	+11,00	3,0
I13	2,43 _(3,68)	I13	2,50 _(0,0)	+2,80	3,0
I14	2,69 _(1,57)	I14	2,82 _(8,02)	+4,61	3,0
I15	1,73 _(0,0)	Ausente	-	-	4,0
I16	3,66 _(0,0)	I16	3,20 _(0,0)	-12,56	3,0
I17	3,78 _(0,0)	I17	3,78 _(0,0)	-	5,0
C13	2,84 _(9,60)	C13	2,89 _(12,36)	+1,73	3,0/5,0
C16	3,99 _(14,62)	C16	3,64 _(1,94)	-8,77	3,0
C18	3,33 _(0,0)	Ausente	-	-	3,0
A13	3,81 _(16,07)	A13	3,66 _(0,0)	-3,94	3,0/5,0
A16	4,31 _(14,18)	A16	4,15 _(15,87)	-3,71	3,0
O6	2,56 _(0,0)	Ausente	-	-	3,0
O7	2,91 _(3,88)	O7	3,00 _(0,0)	+3,00	3,0
O11	3,05 _(0,0)	Ausente	-	-	5,0
O12	2,67 _(0,0)	O12	4,00 _(0,0)	+33,25	5,0
O15	3,00 _(0,0)	Ausente	-	-	4,0
O16	3,47 _(8,15)	O16	3,66 _(0,0)	+5,19	3,0
O19	2,67 _(0,0)	Ausente	-	-	3,0
O20	3,12 _(0,0)	Ausente	-	-	5,0

Em que: R = rede de supermercados; I = supermercados independentes; C = casa de carnes; A = auto postos de combustíveis; O = outros estabelecimentos. Valores entre parênteses correspondem ao coeficiente de variação.

O produto (I15) com menor preço observado tem a unidade fornecedora situada em um município próximo ao local deste estudo (a 125 km de Piracicaba, SP). Apesar desses argumentos, as marcas comerciais oriundas do próprio município onde foi realizada a amostragem, não apresentaram preços inferiores, quando comparadas às marcas dos produtos

relativos às cinco categorias comerciais. Aspectos relacionados ao preço de aquisição, logística de distribuição e oferta, dentre outros, podem ser considerados os responsáveis por tal observação.

Com base na Figura 2, considerando os valores médios, de forma absoluta, o maior preço do carvão vegetal foi para a categoria de auto postos de combustíveis e o menor valor para a categoria “outros”.

Em que: R = rede de supermercados; I = supermercados independentes; C = casa de carnes; A = auto postos de combustíveis; O = outros estabelecimentos. Valores de dispersão correspondem ao erro padrão da média. ns = valores não significativos a 95% de probabilidade.

Figura 2. Preços do carvão vegetal comercializado para cocção de alimentos por categoria comercial.

Apesar de não haver diferenças estatísticas, do ponto de vista absoluto, os preços médios foram maiores para a primeira fase do estudo nas cinco categorias estudadas. Observa-se, ainda, que os desvios correspondentes foram maiores para os produtos obtidos junto a segunda fase da amostragem. O ano de 2014, no Brasil, foi um ano de vários acontecimentos, como o país sediando a Copa do Mundo de Futebol; eleições de representação política (presidente, governadores, deputados e outros); crise de água no Estado de São Paulo, gerando uma das secas mais intensas já registradas; entre outros fatos que podem ter exercido influências no preço da madeira e, conseqüentemente, do carvão vegetal.

A maior distribuição dos preços encontra-se entre R\$ kg⁻¹ 2,50 a R\$ kg⁻¹ 4,00 para a primeira fase (Figura 3A) e um pouco mais variáveis, de R\$ kg⁻¹ 3,00 e R\$ kg⁻¹ 4,00 para a segunda fase da amostragem (Figura 3B).

Figura 3. Distribuição dos preços de carvão vegetal para a primeira (A) e segunda fase (B) da amostragem dos produtos.

Segundo Meira et al. (2005), na maioria dos casos, o carvão vegetal é vendido pelos produtores pelo preço que o comércio varejista oferece e, geralmente, não é suficiente para cobrir os custos de produção ou, proporcionam uma margem de lucro muito pequena. Dessa forma, a maior margem de lucro será para aqueles que, simultaneamente, produzem e distribuem o carvão vegetal. Isso indica a importância do incentivo à agregação de valor ao carvão, levando os produtores a se tornarem também distribuidores, principalmente, os pequenos proprietários (MEIRA et al., 2005).

Em seu estudo, Meira (2002) identificou um aumento de aproximadamente 69% do preço do carvão vegetal que saía do produtor até alcançar o mercado varejista de cocção de alimentos do Município de Pedra Bela, SP. A autora ainda expôs que é comum a prática da venda rápida e com preço muito baixo do carvão pelos produtores aos compradores varejistas, em função da necessidade da renda imediata e da consequente desarticulação da cadeia.

As embalagens têm sua importância relacionada à proteção que conferem ao carvão vegetal, mas, ainda frente ao armazenamento, facilitando o transporte quando possuem alças ou suportes, acompanham acendedores combustíveis e informações importantes acerca da produção, origem da matéria-prima, registro em órgãos ambientais e outros, garantindo ao consumidor que o carvão vegetal foi produzido atendendo a condições legais ambientais, sociais e de saúde ocupacional (MEIRA, 2002; DIAS JÚNIOR et al., 2015b).

A Figura 4 mostra que todos os produtos amostrados apresentaram embalagens de papel, compreendendo, a minoria, de papel com dupla camada. Assim, ela confere maior resistência às quedas e impactos, dificultando perfurações e a consequente exposição do carvão ao ambiente, o que pode comprometer a sua qualidade. Em maior proporção, as embalagens relativas à categoria de rede de supermercados tiveram suas embalagens constituídas de papel com dupla camada. A maioria dos empreendimentos adquire as

embalagens fornecidas pelos responsáveis pela compra do produto (MEIRA et al., 2005), fornecendo-os já em prontas condições de venda ao varejo.

Em que: R = rede de supermercados; I = supermercados independentes; C = casa de carnes; A = auto postos de combustíveis; O = outros estabelecimentos.

Figura 4. Informações coletadas nas embalagens de carvão vegetal durante as duas fases do estudo.

Alças ou suportes e acendedores são itens que conferem aos consumidores a facilidade de transportar e de acender o carvão, respectivamente. Esses itens também foram observados em alguns produtos (ex: R1, R4, R6, R8, R10, I10). Brand et al. (2015) observaram que não existe relação entre esses itens e o preço do carvão vegetal e que tais aspectos podem ser considerados diferenciais na qualidade do produto. Informações relativas

ao registro em órgãos ambientais foram identificadas, notando que a CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) é o órgão em que as marcas menos aderiram. Somente os produtos R7, R8, I10 (fase II), C18 e O7 apresentam o número de registro a esse órgão em suas embalagens.

O registro no IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis) foi o mais aderido pelos produtos coletados. Já o registro no IEF (Instituto Estadual de Florestas) foi observado em menor proporção e, quando presentes, em marcas oriundas dos Estados de Minas Gerais e do Paraná (Tabela 1). Meira et al. (2005) analisaram a atuação de 28 produtores de carvão vegetal no município de Pedra Bela, SP, e observaram que a maioria deles atuava na informalidade, sem nenhum registro em órgão ambiental. Diante disso, pode-se inferir que o comércio varejista analisado neste estudo procurou atender aos quesitos legais, já que a maioria apresentou regularidade socioambiental para a comercialização do produto.

A informação da procedência da madeira utilizada para a produção do carvão vegetal é um aspecto muito relevante, em função das pressões ambientais impostas aos produtores nos últimos anos. A maioria dos produtos informa nas embalagens qual foi o tipo de madeira utilizado na produção do carvão vegetal. Os resultados disso, são apresentados no capítulo III desta tese de doutorado.

O mito da combustão espontânea como característica do carvão vegetal é um assunto discutido pela cadeia produtiva em virtude da vigência da Resolução 420 da ANTT (Agência Nacional de Transportes Terrestres). Segundo esta resolução, o carvão vegetal do Brasil é pré-classificado como um produto perigoso, pertencente à Classe “4.2 – Combustão Espontânea”. Apesar disso, um estudo realizado pela CIENTEC/RS (Fundação de Ciência e Tecnologia) comprovou que o carvão vegetal não apresenta a referida característica e conferiu ao Estado do Rio Grande do Sul a desvinculação à Resolução. O resultado dessa medida é que, o custo do transporte aumenta em até 30% devido às medidas de seguranças impostas. A maioria dos produtos amostrados não apresentava o rótulo de combustão espontânea, mas ainda assim, foram observadas em algum deles (ex: R2, R4, R6, I11, O6).

Alguns selos de procedência e de qualidade foram identificados. Para a primeira fase da amostragem, foram observados nos produtos R1, R5, R8, I12 e O12. Esses selos são relativos a uma inspeção própria do fornecedor/distribuidor (R5 e R8) ou disponibilizado pelo órgão ambiental fiscalizador do Estado de origem, como garantia de qualidade do produto (R1, I12 e O12).

O carvão vegetal é um material que tem elevada capacidade higroscópica. Em função disso, a maioria dos produtos coletados informa que ele pode ter a sua massa alterada. Essa característica deve ser observada em função da presença de outros materiais, diferentes de carvão, no interior da embalagem. A prática de completar a massa informada do produto com atíços (madeira incompletamente carbonizada), derivados de culturas agrícolas e briquetes é bem observada e até materiais minerais já foram relatados.

As informações relativas às instruções de uso, de conservação, de precauções, validade e receitas de alimentos foram pouco observadas, estando presentes somente nos produtos comercializados pela categoria da rede de supermercados (R5, R8 e R9). Essas ações apontam que os produtos desta categoria têm um diferencial em relação aos demais. De forma geral, as embalagens não apresentaram padronização em relação às informações fornecidas, fato também observado por Brand et al. (2015) em marcas comerciais de carvão vegetal de cidades do Estado de Santa Catarina. Todavia, observa-se que a maior diversidade foi observada nos produtos comercializados pela categoria rede de supermercados (Figura 4).

A importância das informações contidas nas embalagens foi observada por Dias Júnior et al. (2015b) como um dos principais itens apontados pelos consumidores em relação ao carvão vegetal para cocção. Os autores levantaram ainda que os consumidores estariam dispostos a “pagar mais” por produtos de qualidade. Isso justifica a importância desses aspectos como auxiliares na decisão de compra. Segundo Nagumo (2005), as características que buscam selecionar itens específicos da qualidade de produtos são definidas no curso da produção, mantendo, dessa forma, as características ao longo de todo o processo, o que poderia ser aplicado ao direcionamento e adequação das embalagens de carvão vegetal para churrasco.

Nas Figuras 5 e 6, relativas às duas fases do estudo, respectivamente, encontram-se os diagramas de ordenação das variáveis (informações e itens observados nas embalagens) em função das duas primeiras componentes principais obtidas.

Figura 5. Diagrama de ordenação dos itens e informações levantados nas embalagens dos produtos coletados na Fase I considerando os escores e autovetores da componente principal I e da componente principal II.

Figura 6. Diagrama de ordenação dos itens e informações levantados nas embalagens dos produtos coletados na Fase II considerando os escores e autovetores da componente principal I e da componente principal II.

Na Fase I (Figura 5) é possível diferenciar quatro grupos: o primeiro formado pelos produtos R5 e R8; o segundo pelos produtos I12 e O12; o terceiro com um representante, o R3; e, o quarto grupo formado pelos demais. Entretanto, o grupo formado por R5 e R8 apareceu mais distante, provavelmente pelo fato de que eles apresentaram a maioria das informações e/ou itens em suas embalagens. Tal fato embasa a hipótese de que as redes de supermercados possuem uma maior inspeção de controle para os seus produtos comercializados.

A formação do grupo composto por R3 foi determinada, principalmente, pela ausência de alças, acendedores combustíveis e de registro no órgão CETESB. Considerando ser uma marca da categoria rede de supermercados, adicionalmente, as informações sobre a origem da madeira e registro no IBAMA foram observadas e contribuíram para o seu grupamento. Os produtos I12 e O12 constituem uma mesma marca comercializada em diferentes categorias comerciais, sendo supermercados independentes e a categoria “outros”, respectivamente. Para a formação desse grupo, os escores consideraram o fato das embalagens não possuírem acendedores combustíveis além de não informarem os números de registro no IBAMA e na CETESB (escores opostos). Contou para isso ainda, a falta de informação sobre “alteração de peso”. As demais marcas que constituem o quarto grupo, não apresentaram boa parte das informações ou itens considerados para o grupamento (escores opostos). Dessa forma, na Fase I, os produtos R5 e R8 se destacam como os maiores detentores das observações analisadas nas embalagens.

Já na segunda fase do estudo (Figura 6), houve a formação de três grupos: o primeiro grupo da primeira fase, formado por R5 e R8 ganha mais um membro, o R3. Os produtos I10, R10, I13, C13 e O7 formam um segundo grupo e o terceiro grupo engloba os demais produtos. O produto R3 passou por mudanças e acréscimo de informações nas embalagens e assim, entrou no grupo detentor de maior parte dos aspectos observados. O segundo grupo é relativo às marcas semelhantes comercializadas em diferentes categorias comerciais e com um produto da categoria “outros” (O7). A incorporação de alças, acendedores e registro no CETESB permitiu, assim, comporem um grupamento. O último grupo apresentou-se mais diverso, com diferentes itens observados, porém, a ausência de alças e acendedores foram fundamentais para o grupamento formado.

De forma geral, da primeira para a segunda fase observou-se uma dinamização entre os aspectos e informações analisadas nas embalagens dos produtos, onde as informações e itens que anteriormente não estavam presentes foram incorporados ou deixaram de estar presentes. O que foi incorporado, possivelmente, pode ter advindo de levantamentos ou de

sugestões feitas pelos consumidores, sendo o canal de ouvidoria um meio muito relevante de interação visando a melhoria dos produtos.

2.4. Conclusões

Verificou-se a diversidade de produtos comercializados nas cinco categorias comerciais.

A maioria dos produtores/distribuidores do carvão vegetal situa-se no Estado de São Paulo.

Os preços dos carvões apresentaram variações entre as duas fases da amostragem.

Os aspectos e informações disponíveis nas embalagens dos produtos foram diversos e permitiram o grupamento dos produtos coletados.

As marcas presentes na categoria rede de supermercados foram as maiores detentoras das informações detectadas nas embalagens dos produtos.

Referências

BRAND, M. A.; RODRIGUES, A. A.; OLIVEIRA, A.; MACHADO, M. S.; ZEN, L. N. Qualidade do carvão vegetal para o consumo doméstico comercializado na região serrana sul de Santa Catarina. **Revista Árvore**, v. 39, n. 6, p. 1165-1173, 2015.

BRASIL. Ministério dos Transportes. Resolução nº 420 de 12 de fevereiro de 2004 – Regulamento de Transporte Terrestre de Produtos Perigosos. **Agência Nacional de Transportes Terrestres**, Brasília, 2004.

BRITO, J. O. Reflexões sobre a qualidade do carvão vegetal para uso siderúrgico. Circular técnica, 181. **IPEF**. Piracicaba, 1993. 6p.

CASTRO, R. R.; SILVA, M. L.; LEITE, H. G.; OLIVEIRA, M. L. R. Rentabilidade econômica e risco na produção de carvão vegetal. **Cerne**, v. 13, n. 4, p. 353-359, 2007.

COELHO JÚNIOR, L. M.; REZENDE, J. L. P.; CALEGARIO, N.; SILVA, M. L. Análise longitudinal dos preços do carvão vegetal no Estado de Minas Gerais. **Revista Árvore**, v. 30, n. 3, p. 429-438, 2006.

DIAS JÚNIOR, A. F.; BRITO, J. O.; ANDRADE, C. R. Granulometric influence on the combustion of charcoal for barbecue. **Revista Árvore**, v. 39, n. 6, 2015a.

DIAS JÚNIOR, A. F.; ANDRADE, C. R.; BRITO, J. O.; MILAN, M. Desdobramento da função qualidade na avaliação da qualidade do carvão vegetal utilizado para cocção de alimentos. **Floresta & Ambiente**, v. 22, n. 2, 2015b.

GUIMARÃES, S. T. A.; JARDIM, L. S. B. Aspectos econômicos da produção de carvão vegetal. Transporte, manuseio, estocagem. In: FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS-CETEC. **Produção e utilização de carvão vegetal**. Belo Horizonte, p.125-140, 1982.

MEIRA, A. M. **Diagnóstico sócio-ambiental e tecnológico da produção de carvão vegetal no município de Pedra Bela, Estado de São Paulo**. Dissertação de Mestrado em Recursos Florestais, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2002. 105f.

MEIRA, A. M.; BRITO, J. O.; RODRIGUEZ, L. C. E. Estudo de aspectos técnicos, econômicos e sociais da produção de carvão vegetal no município de Pedra Bela, São Paulo, Brasil. **Revista Árvore**, v. 29, n.5, p. 809-817, 2005.

MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada**. Belo Horizonte: UFMG, 2005. 297p.

MINITAB, Inc. **Minitab statistical software**^{TM}, Release 16.0, Copyright©, 2010.

NAGUMO, G. K. **Desdobramento da função de qualidade (QFD) aplicado à produção de mudas de café (*Coffea arabica* L.)**. Dissertação de mestrado em Agronomia, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2005. 61f.

PRÓCARVÃO - PROGRAMA DE QUALIFICAÇÃO E CERTIFICAÇÃO DO CARVÃO VEGETAL NO ESTADO DE SÃO PAULO. **Relatório descritivo SEBRAE**. São Paulo. 2002. 63p.

REZENDE, J. L. P.; SILVA, A. A. L.; BARROS, A. A. A. Variação estacional dos preços do carvão vegetal no Estado de Minas Gerais: período de 1981-1987. **Revista Árvore**, v. 12, n. 2, p. 146-155, 1988.

RIEGELHAUPT, E. M.; PAREYN, F. G. C. A questão energética. **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da Caatinga**. Brasília, D.F., Serviço Florestal Brasileiro, p. 65-75, 2010.

ROSA, R. A.; CHAVES ARANTES, M. D.; PAES, J. B.; ANDRADE, W. S. D. P.; MOULIN, J. C. Qualidade do carvão vegetal para o consumo doméstico. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 3, n. 2, p. 41-48, 2012.

RUEDA, C. V.; BALDI, G.; GASPARRI, I.; JOBBÁGY, E. G. Charcoal production in the Argentine Dry Chaco: where, how and who? **Energy for Sustainable Development**, n. 27, p. 46–53, 2015.

SÃO PAULO. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Resolução nº 10 SAA, de 11 de julho de 2003. **Diário Oficial do Poder Executivo**, São Paulo, SP (2003 jul.).

WARNES, A. **Savage barbecue: race, culture and the invention of america's first food**. Georgia, United Stats: British Library, Geórgia, 2008. 201p.

3. EXISTE VARIABILIDADE ENTRE AS CARACTERÍSTICAS DO CARVÃO VEGETAL UTILIZADO PARA COCÇÃO DE ALIMENTOS?

Resumo

Neste capítulo o objetivo foi analisar a qualidade do carvão vegetal utilizado para cocção de alimentos (churrasco) com base na variação dos seus atributos. Para isso, foi conduzida uma amostragem de produtos de diferentes marcas em estabelecimentos comerciais em Piracicaba, SP, compreendida em duas fases, sendo a primeira realizada em dezembro de 2014 e a segunda em dezembro de 2015 (capítulo I). Os produtos foram coletados em cinquenta estabelecimentos de cinco categorias comerciais. Foram analisadas as propriedades físicas, químicas e mecânicas do carvão vegetal. Os dados foram analisados por meio de análise uni e multivariada. Houve elevada variabilidade nas características dos produtos coletados relativos às diversas marcas, categorias comerciais e fases da coleta. Não foram observados agrupamentos definidos na análise multivariada devido à elevada variação das variáveis testadas nos produtos.

Palavras-chave: Qualidade do carvão vegetal; Sazonalidade; Adequação para uso em cocção; Análise de agrupamento

Abstract

In this chapter the objective was to analyze the quality of charcoal for barbecue based on the variation of its attributes. For this, a sample of products of different brands was conducted in commercial establishments in Piracicaba, SP, in two phases, the first being held in december 2014 and the second in december 2015 (chapter I). The products were collected in fifty establishments of five commercial categories. The physical, chemical, immediate and mechanical properties of charcoal were analyzed. The data were analyzed through uni and multivariate analysis. There was a high variability in the characteristics of the products collected for the different trademarks, commercial categories and collection phases performed. No clusters defined in the multivariate analysis were observed due to the high variation of the variables analyzed in the products.

Keywords: Charcoal quality; Seasonality; Suitable for barbecue; Grouping analysis

3.1. Introdução

O carvão vegetal, desde a antiguidade, tem se consagrado como um importante combustível, tendo, atualmente, a maior parte da sua produção destinada para uso siderúrgico. Além de outras aplicações, o seu uso mais comum frente à população é para a cocção de alimentos, através do popular “churrasco”.

O Brasil é o maior produtor e ao mesmo tempo, maior consumidor de carvão vegetal do mundo, utilizando aproximadamente, 6,3 milhões de toneladas em 2016 (BRASIL, 2016). Em função do forte caráter econômico envolvido, a maioria dos estudos é voltada para a qualidade do produto visando sua adequação na siderurgia (DIAS JÚNIOR et al., 2015a) ou aborda apenas aspectos de qualidade sem, entretanto, relacionar os reais efeitos destes para o consumidor final (socioambientais, econômicos e de saúde ocupacional) e ações para sua valorização. Tem-se percebido que a variável mais analisada pelos estudos recentes no país, em torno da temática “churrasco”, é a variável localidade de amostragem dos produtos. Tal fato é comprovado observando os estudos de Rosa et al. (2012), Brand et al. (2015), Anater (2017) e Garcia et al. (2017).

É relatado que as diferentes formas de preparação dos alimentos praticada pelos seres humanos impulsionaram a sua evolução. A cocção foi, por exemplo, a primeira prática feita pelo “homem” no sentido de melhorar a palatabilidade dos alimentos (WARNES, 2008). Ela é exercida até hoje, com grande desenvolvimento de aparatos e equipamentos que possibilitam a realização do churrasco nas residências pela utilização, principalmente, do carvão vegetal. Apesar disso, é citada como uma das práticas que mais colaboram com as emissões de particulados e outros elementos ao ambiente (ZHAO et al., 2015; GYSEL et al., 2017). Estima-se, por exemplo, que sejam emitidos $9,15 \text{ t ano}^{-1}$ de materiais particulados por restaurantes e churrascarias em grandes centros urbanos como Los Angeles, EUA (GORDON et al., 2014). Esses valores segundo os autores são muito elevados e contribuem para diversos problemas de poluição ambiental e de doenças crônicas.

São vários os meios de produção do carvão, assim como os trabalhos de logística, que envolvem desde a sua obtenção, passando pelo empacotamento, transporte e armazenamento até a disponibilização ao consumidor. O produto pode ser adquirido no mercado varejista em diferentes categorias comerciais, como supermercados, casas de carnes, auto postos de combustíveis, padarias entre outros. Tem-se observado, todavia, que o consumidor não dá importância aos aspectos que envolvem o processo produtivo do carvão vegetal, principalmente no sentido de contribuir com a valorização da cadeia produtiva. O

aspecto mais considerado ainda é o preço do produto no comércio (DIAS JÚNIOR et al., 2015b; RUEDA et al., 2015a).

O carvão vegetal quando mal produzido (tempo e/ou temperatura insuficiente para a total carbonização) pode possibilitar um maior risco de contaminação dos alimentos por compostos tóxicos. Há referências que indicam que mais de 4 milhões de mortes foram atribuídas à poluição atmosférica doméstica (por hidrocarbonetos policíclicos aromáticos-HPAs) em todo o mundo em 2012 (NORTH et al., 2017). Segundo os autores, isso resulta, principalmente, da queima de combustível de biomassa (madeira e carvão vegetal) para cozinhar e aquecer. A exposição à combustão da biomassa aumenta o risco de sintomas respiratórios crônicos, principalmente entre as pessoas de baixa renda, que têm na biomassa a principal fonte de energia (SIOUTAS et al., 2005; GORDON et al., 2014; NORTH et al., 2017). Vale mencionar que, na região de Uganda, Leste Africano, os compostos tóxicos derivados de biomassa de má qualidade são os maiores causadores de doenças pulmonares (FITZPATRICK et al., 2014; GONG et al., 2014). Essas informações reforçam o sentido de valorizar a cadeia produtiva do carvão vegetal, sendo que para isso, os consumidores devem compreender e valorar o produto que os permeiam.

Considerando o Estado de São Paulo um importante produtor de carvão para churrasco (± 20 mil t ano⁻¹) (PRÓCARVÃO, 2000; MEIRA et al., 2005), atrelado ao fato de ser o detentor da única norma oficial vigente no país para regulamentação da sua qualidade (mesmo que de adesão voluntária), a Resolução SAA n°. 40 (SÃO PAULO, 2015), é que esta pesquisa foi desenvolvida. Diante disso, neste capítulo levantou a hipótese de que há possibilidade de existirem diferenças de qualidade entre os produtos comercializados, de diferentes marcas e categorias comerciais. Adicionalmente, supõe-se que a sazonalidade seja outro fator contribuinte nesse aspecto de variabilidade e disponibilidade dos produtos.

Diante do exposto, o objetivo deste capítulo foi analisar a qualidade do carvão vegetal para cocção de alimentos (churrasco) em função das diferentes marcas e categorias comerciais. Para isso, análises físicas, químicas e mecânicas foram realizadas e analisadas nas amostras comerciais de carvão.

3.2. Material e Métodos

3.2.1. Amostragem do carvão vegetal

O procedimento de amostragem foi o descrito no capítulo anterior (capítulo II), sendo os produtos coletados, analisados qualitativamente. Em resumo, as amostras de carvão

foram obtidas junto ao comércio de Piracicaba, SP por meio de um procedimento de amostragem aleatório, com os estabelecimentos comerciais divididos nas cinco seguintes categorias: redes de supermercados (R), supermercados independentes (I), casa de carnes e açougues (C), auto postos de combustíveis (A) e uma categoria de estabelecimentos denominada “outros” (O), esta última constituída de mercearias, minimercados, padarias, quitandas e varejistas que comercializam o produto.

Foram sorteados dez estabelecimentos comerciais de cada categoria (totalizando 50 estabelecimentos), segundo a lista fornecida pela Associação Comercial e Industrial de Piracicaba, SP (ACIP). Com o intuito de analisar o efeito da sazonalidade sobre o carvão vegetal comercializado, a amostragem foi conduzida em duas fases. A primeira aconteceu em dezembro de 2014 (Fase I) e a segunda em dezembro de 2015 (Fase II). Os mesmos estabelecimentos foram visitados na segunda fase da pesquisa sendo adquiridas somente as marcas disponíveis na primeira fase, as demais foram nomeadas “ausentes”, permitindo um comparativo entre as marcas e a sazonalidade.

Os produtos foram adquiridos em suas embalagens originais, coletando duas embalagens (3 e/ou 5 kg) de cada produto de acordo com a disponibilidade no momento da coleta. Essa quantidade garantiu a aleatoriedade das amostras e a massa mínima necessária para a realização das análises e ensaios subsequentes.

3.2.2. Análises laboratoriais

Os procedimentos de ensaios e testes foram conduzidos no Laboratório Integrado de Química, Celulose e Energia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, unidade da Universidade de São Paulo (LQCE/ESALQ/USP).

Foram realizadas análises para diferenciação do material de origem (briquetes, carvão de madeira de *Eucalyptus* spp ou de outra espécie). Este procedimento foi feito segundo as metodologias de Rangel (2012) e Vital et al. (2014). Por elas, as peças de carvão são analisadas observando as suas formas e com uma lupa de luz invertida, a seção transversal é observada em aumento de 10x. A ocorrência de porosidade tangencial difusa do parênquima indica que a madeira é oriunda de *Eucalyptus* spp. Sendo assim, 500g de cada amostra coletada tiveram cada peça analisada individualmente. Ao final, mensurou-se a massa do que era briquete, carvão de eucalipto ou carvão de outra espécie, informando em porcentagem, as frações de cada classificação.

A umidade (base úmida) foi determinada pela secagem das amostras a 103 ± 2 °C (ABNT, 1986). A densidade aparente foi obtida segundo a norma NBR 9165 (ABNT, 1985) e

a densidade à granel de acordo com a NBR 6922 (ABNT, 1981). A densidade verdadeira foi determinada com base na norma NBR 9165 (ABNT, 1985) para que, em seguida, a porosidade fosse obtida a com auxílio da Equação 1.

$$P = \left(1 - \frac{DA}{DV}\right) \times 100 \quad (\text{Equação 1})$$

Em que: P = porosidade (%); DA = densidade aparente do carvão vegetal (g cm^{-3}); DV = densidade verdadeira (g cm^{-3}).

A análise imediata foi feita seguindo a metodologia da ASTM D-1764 (ASTM, 1977), para a determinação dos teores de materiais voláteis (TMV), teor de cinzas (TCZ) e teor de carbono fixo (TCF). O poder calorífico superior (PCS) foi determinado em uma bomba calorimétrica modelo Ika C 2000, conforme a norma NBR 8633 (ABNT, 1984). O poder calorífico útil foi obtido com o auxílio da Equação 2.

$$PCU = PCI \times \left(\frac{100-U}{100}\right) - 6 \times U \quad (\text{Equação 2})$$

Em que: PCU = poder calorífico útil (kcal kg^{-1}); PCI = poder calorífico inferior (kcal kg^{-1}), obtido pela subtração PCS – 304 (energia de formação de vapor d'água); U = umidade (%), base úmida.

Para avaliação da friabilidade do carvão vegetal foi realizado o teste de tamboramento. Este consistiu em colocar amostras de carvão com dimensões entre 20 e 60 mm, em um tambor rotativo e submetido a 500 voltas a uma velocidade de 30 rpm (OLIVEIRA et al., 1982; ABNT, 1982). O carvão foi classificado em relação ao percentual de finos gerados (< 20 mm), como sendo: muito friável (> 30%), bastante friável (25-30%), medianamente friável (15-25%), pouco friável (10-15%) e muito pouco friável (< 10%).

O índice de combustão (ICOM) que avalia o desempenho da queima foi determinado com base nos procedimentos de Quirino e Brito (1991) e Dias Júnior et al. (2015a).

3.2.3. Análises dos dados

Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial tipo: marcas de carvão x sazonalidade (fase da coleta), sendo que o número de tratamentos (marcas) variou entre as duas fases da amostragem (31 e 22), o número de sazonalidades foi igual a 2 e o número de repetições foi 5. Dessa forma, os dados foram submetidos ao teste de Kolmogorov-Smirnov para verificar a aderência à normalidade e, para verificar a proximidade das variâncias, foi aplicado o teste de Levene, pois duas das suposições para análise de variância (ANAVA) é a presença de normalidade dos dados e que as variâncias sejam próximas para a categoria analisada (homocedasticidade). Em seguida, realizou-se a ANAVA

e, quando verificada diferença significativa, as médias foram comparadas entre si pelo teste de Skott-Knott, ao nível de 95% de probabilidade.

Realizou-se a análise multivariada de componentes principais (ACP) a fim de explicar a estrutura de variância do vetor aleatório composto pelas características avaliadas no carvão vegetal (MINGOTI, 2005; MANLEY, 2008). Foram consideradas somente as médias de cada variável analisada neste capítulo. Para essa análise, utilizou-se a matriz de correlação dos dados. As combinações lineares estabelecidas foram interpretadas por meio dos autovetores normalizados e das correlações entre as variáveis originais e as componentes principais. As análises foram realizadas utilizando-se o *software* Minitab 16.0®.

3.3. Resultados e Discussão

Durante a Fase I do estudo foram coletadas duas marcas de produtos que, apesar de informarem na embalagem que eram carvão vegetal, ao se analisar, foi concluído que se tratava de briquetes. Como esses produtos são bem distintos do carvão vegetal, optou-se por analisá-los separadamente.

3.3.1. Briquetes de carvão

Os resultados das características físicas, químicas e mecânicas dos produtos de uma mesma marca comercial, porém coletados em categorias distintas (supermercados independentes e “outros”), são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3. Características físicas, químicas e mecânicas dos briquetes.

Briquete	U (%)	DA (g cm ⁻³)	DG (kg m ⁻³)	DV (g cm ⁻³)	P (%)	TMV (%)	TCZ (%)	TCF (%)
I15	9,94 ^{ns}	0,708 ^a	359 ^{ns}	1,34 ^a	49,67 ^{ns}	10,52 ^b	52,85 ^a	36,63 ^b
E. P. (±)	0,09	0,03	1,37	0,13	3,88	0,96	1,94	0,982
O15	9,68 ^{ns}	0,544 ^b	373 ^{ns}	1,12 ^b	51,18 ^{ns}	19,84 ^a	36,85 ^b	43,31 ^a
E. P. (±)	0,04	0,01	8,66	0,01	0,73	0,78	0,296	0,96

Em que: I = supermercados independentes; O = outros estabelecimentos. U = umidade; DA = densidade aparente; DG = densidade à granel; DV = densidade verdadeira; P = porosidade; TMV = teor de materiais voláteis; TCZ = teor de cinzas; TCF = teor de carbono fixo. E. P. = corresponde ao erro padrão da média. Letras minúsculas comparam os valores na mesma coluna pelo teste Scott-Knott a 95% de probabilidade. ns = valores não significativos (p < 0,05).

É possível observar que os valores da umidade para os dois produtos apresentaram-se elevados, acima do que se recomenda para uso em cocção ($\leq 5\%$) (AFNOR, 2007; SÃO PAULO, 2015). Da mesma forma, a densidade aparente se mostrou elevada para o produto I15. Uma vez que se trata de material compactado, a densidade aparente do produto O15 apresentou-se relativamente baixa ao se comparar com o produto I15, pelo fato de se tratar de uma mesma marca comercial. A densidade verdadeira, variável com influência sobre o fluxo

de carga na combustão, foi maior para o produto I15. Apesar disso, a porosidade foi significativamente igual para os dois produtos, em função dos distintos valores da densidade aparente e, possivelmente, pela composição dos briquetes, pois não se tratavam exatamente de finos de carvão vegetal.

Observando-se o resultado da análise imediata, evidenciam-se os maiores valores de materiais voláteis e de carbono fixo para o produto O15. Somente o teor de cinzas foi superior para o produto I15. Estes resultados são considerados insatisfatórios para uso na cocção de alimentos (AFNOR, 2007; SÃO PAULO, 2015).

Os valores dos teores de cinzas são elevados, enquanto que os teores de carbono fixo são baixos. Do ponto de vista prático, esses produtos têm dificuldade de ignição (elevada umidade e baixo teor de voláteis), combustão irregular (carbono fixo baixo) e geram muitas cinzas ao final da combustão. Seriam necessárias diversas intervenções de realimentação do produto para se manter as condições mínimas de cocção. Esses resultados, provavelmente, decorrem de ligantes, aglutinantes e aditivos que são incorporados durante a compactação dos briquetes. Os aglutinantes utilizados são diversos, compreendendo amido, areia, restos de culturas agrícolas até materiais provenientes de tratamento de efluentes hídricos ou resíduos lignocelulósicos da indústria de papel e celulose (KALIYAN; MOREY, 2010; MARTINS et al., 2016). A atenção a esses aditivos deve ser dada, pois podem comprometer o uso na cocção de alimentos em função de compostos gasosos nocivos que podem ser emitidos, como metais pesados e dioxinas por exemplo.

Quanto ao poder calorífico superior, os valores variaram de 4.150 a 5.498 kcal kg⁻¹ para os produtos I15 e O15, respectivamente, sendo significativamente diferentes entre si. A diminuição do poder calorífico útil entre eles foi de 15% em função da umidade observada. Esses valores são próximos aos observados em madeira de algumas espécies de *Eucalyptus* spp, sendo que, para melhor desempenho na cocção, os briquetes precisariam de adequações durante a produção.

Os produtos não tiveram bom desempenho no teste de tamboramento, apresentando 100% de friabilidade, ou seja, os briquetes voltaram ao estado de origem (finos) após o ensaio. Isso pode ter sido provocado pelo uso de aglutinante inadequado além do tempo, força de pressão e matéria-prima inadequados. Considerando os aspectos de empacotamento, transporte e armazenamento, isso é um fato que deprecia o produto, pois é bem provável que estes briquetes não reúnam as condições mínimas de uso para a cocção.

Os resultados do ensaio de combustão (ICOM_{cv}) dispostos na Figura 7, mostram que os valores foram distintos para os dois produtos compactados.

Em que: I = supermercados independentes; O = outros estabelecimentos. T. Max. = temperatura máxima atingida; T. F. = temperatura final atingida; ICOM = índice de combustão (A: adimensional); TD = taxa de degradação. Letras minúsculas comparam os valores no mesmo tipo de coluna ou pontos pelo teste Scott-Knott a 95% de probabilidade. ns = valores não significativos ($p < 0,05$).

Figura 7. Valores médios do ensaio de combustão.

O maior valor de $ICOM_{cv}$ (0,57) foi observado para o produto I15. Este produto teve ainda a maior temperatura máxima atingida, assim como uma menor taxa de degradação. Por outro lado, o produto O15 teve um $ICOM_{cv}$ inferior (0,18), menor temperatura máxima atingida durante o ensaio e, conseqüentemente, maior taxa de degradação. Não se notou diferenças relevantes para as temperaturas finais entre os dois produtos. Outro fato a ser considerado é o de que a densidade tem uma forte influência no desempenho da combustão (Figura 8A) e na taxa de degradação (Figura 8B) (DIAS JÚNIOR et al., 2014; DIAS JÚNIOR et al., 2015a).

Figura 8. Correlações obtidas entre a densidade aparente, índice de combustão (A) e taxa de degradação (B). *Significativo a 95% de probabilidade ($p < 0,05$).

3.3.2. Carvão vegetal

Na Tabela 4 são informados os valores médios da composição, umidade e densidade aparente dos produtos coletados.

Tabela 4. Composição do material, umidade e densidade aparente.

Produto	Procedência/tipo do material		Umidade (%)		Densidade aparente (g cm ⁻³)	
	Fase I	Fase II	Fase I	Fase II	Fase I	Fase II
R1	90% E.	90% E.	4,08 ^{dB} _(0,06)	6,45 ^{aA} _(0,11)	0,393 ^{bB} _(0,01)	0,418 ^{bA} _(0,03)
R2	87% E.	87% E.	4,86 ^{cB} _(0,25)	5,68 ^{bA} _(0,02)	0,481 ^{aB} _(0,01)	0,557 ^{aA} _(0,02)
R3	80% E.	80% E.	4,56 ^{cB} _(0,13)	5,47 ^{bA} _(0,17)	0,431 ^{aA} _(0,02)	0,434 ^{bA} _(0,02)
R4	94% E.	94% E.	4,00 ^{eB} _(0,19)	6,81 ^{aA} _(0,35)	0,339 ^{cA} _(0,01)	0,392 ^{cA} _(0,01)
R5	89% E.	89% E.	4,88 ^{cB} _(0,24)	6,18 ^{aA} _(1,13)	0,410 ^{bA} _(0,01)	0,372 ^{cB} _(0,02)
R6	NI	NI	4,38 ^{dA} _(0,04)	4,98 ^{bA} _(0,05)	0,475 ^{aA} _(0,01)	0,410 ^{bB} _(0,04)
R7	100% E.	Ausente	4,59 ^c _(0,03)	Ausente	0,354 ^c _(0,05)	Ausente
R8	100% E.	100% E.	4,70 ^{cB} _(0,12)	6,60 ^{aA} _(1,02)	0,380 ^{cB} _(0,01)	0,420 ^{bA} _(0,01)
R9	100% E.	Ausente	5,54 ^b _(0,10)	Ausente	0,283 ^c _(0,01)	Ausente
R10	100% E.	100% E.	3,84 ^{eB} _(0,21)	4,78 ^{bA} _(0,41)	0,331 ^{cB} _(0,01)	0,436 ^{bA} _(0,02)
I10	100% E.	100% E.	5,32 ^{bA} _(0,11)	5,53 ^{bA} _(0,10)	0,345 ^{cB} _(0,03)	0,455 ^{bA} _(0,02)
I11	100% E.	100% E.	4,36 ^{dA} _(0,23)	4,82 ^{bA} _(0,41)	0,344 ^{cA} _(0,02)	0,369 ^{cA} _(0,01)
I12	100% E.	100% E.	4,28 ^{dB} _(0,13)	6,74 ^{aA} _(0,68)	0,410 ^{bA} _(0,02)	0,424 ^{bA} _(0,01)
I13	100% E.	100% E.	3,89 ^{eB} _(0,07)	4,91 ^{bA} _(0,09)	0,345 ^{cA} _(0,01)	0,377 ^{cA} _(0,02)
I14	100% E.	100% E.	3,84 ^{eB} _(0,02)	4,94 ^{bA} _(0,21)	0,398 ^{bA} _(0,03)	0,337 ^{cA} _(0,03)
I16	100% E.	100% E.	4,79 ^{cB} _(0,04)	5,38 ^{bA} _(0,13)	0,360 ^{cA} _(0,01)	0,340 ^{cA} _(0,01)
I17	100% E.	100% E.	4,60 ^{cA} _(0,06)	4,95 ^{bA} _(0,04)	0,449 ^{aA} _(0,01)	0,479 ^{bA} _(0,02)
C13	100% E.	100% E.	4,88 ^{cA} _(0,12)	4,35 ^{bA} _(0,19)	0,296 ^{cB} _(0,02)	0,371 ^{cA} _(0,02)
C16	100% E.	100% E.	4,96 ^{cA} _(0,03)	4,17 ^{bA} _(0,13)	0,388 ^{bA} _(0,03)	0,333 ^{cA} _(0,01)
C18	96% E.	Ausente	3,97 ^e _(0,21)	Ausente	0,365 ^c _(0,03)	Ausente
A13	100% E.	100% E.	6,02 ^{aA} _(0,49)	5,39 ^{bB} _(0,25)	0,303 ^{cB} _(0,01)	0,403 ^{bA} _(0,02)
A16	100% E.	100% E.	3,56 ^{eB} _(0,16)	4,62 ^{bA} _(0,21)	0,355 ^{cA} _(0,01)	0,368 ^{cA} _(0,01)
O6	NI	Ausente	3,44 ^e _(0,18)	Ausente	0,404 ^b _(0,01)	Ausente
O7	100% E.	100% E.	3,77 ^{eB} _(0,25)	4,99 ^{bA} _(0,09)	0,414 ^{bA} _(0,05)	0,435 ^{bA} _(0,04)
O11	100% E.	Ausente	3,76 ^e _(0,01)	Ausente	0,354 ^c _(0,02)	Ausente
O12	100% E.	100% E.	4,74 ^{cA} _(0,05)	4,48 ^{bA} _(0,16)	0,437 ^{aA} _(0,02)	0,427 ^{bA} _(0,04)
O16	100% E.	100% E.	4,27 ^{dB} _(0,02)	6,66 ^{aA} _(0,19)	0,363 ^{cA} _(0,03)	0,307 ^{cB} _(0,02)
O19	89% E.	Ausente	5,32 ^b _(0,02)	Ausente	0,389 ^b _(0,02)	Ausente
O20	100% E.	Ausente	4,49 ^c _(0,01)	Ausente	0,458 ^a _(0,02)	Ausente

Em que: R = rede de supermercados; I = supermercados independentes; C = casa de carnes; A = auto postos combustíveis; O = outros estabelecimentos. E. = carvão proveniente de madeira de *Eucalyptus* spp; NI = não identificado. Valores entre (±) correspondem ao erro padrão da média. Letras minúsculas e letras maiúsculas comparam valores na mesma coluna e na mesma linha, respectivamente, pelo teste Scott-Knott a 95% de probabilidade.

Pode-se observar que alguns produtos possuíam em sua composição carvão vegetal oriundo de outra espécie que não se tratava de madeira de eucalipto, sendo a maioria destas coletadas em estabelecimentos da rede de supermercados. Observou-se uma marca coletada

em duas categorias comerciais distintas (R6 e O6) para a qual não foi possível a diferenciação pela metodologia utilizada. Para a categoria supermercados independentes todos os produtos possuíam 100% de carvão oriundo de madeira de eucalipto; na categoria casa de carnes um produto (C18) apresentou uma pequena proporção de material desconhecido e na categoria “outros”, um produto (O19) apresentou 11% de carvão oriundo de outra fonte que não se tratava de madeira de eucalipto.

Esses resultados podem estar relacionados à região em que os produtos foram produzidos/fornecidos, pois a maioria deles (principalmente os da rede de supermercados) era oriunda de outros Estados brasileiros, como MG e PR, que tradicionalmente utilizam madeira do bioma cerrado e da bracatinga (*Mimosa scabrella*), respectivamente, na produção de carvão vegetal. Todavia, deve-se atentar à garantia de que os produtos foram produzidos atendendo a questões socioambientais, colaborando com a valoração da cadeia produtiva.

Com relação à umidade, observa-se que os produtos da Fase I apresentaram-se dentro do adequado para uso em cocção de alimentos (Tabela 4), sendo o valor recomendado de $\leq 5\%$. Apenas o produto A13 apresentou umidade superior a 6% para essa fase. Os carvões coletados na Fase II apresentaram, de forma significativa, valores superiores ou iguais aos coletados na Fase I do estudo. Por exemplo, os produtos R1, R4, R5 e R8 tiveram umidade superior a 6%. Apesar de não serem valores que comprometam a utilização, esses resultados devem ser observados em função da influência do local de armazenamento dos produtos. Sendo o carvão vegetal bastante higroscópico (ANDRADE; DELLA LUCIA, 1996; DIAS JÚNIOR et al., 2016), deve-se evitar o armazenamento junto a geladeiras, freezers ou locais úmidos para que não haja o comprometimento da qualidade. De forma geral, a umidade dos produtos coletados na Fase I foi, em quase totalidade, menor do que dos produtos obtidos na Fase II da pesquisa.

A densidade aparente dos produtos (Tabela 4) mostrou-se elevada, mas, coadunante ao que se tem observado em carvões utilizados para churrasco. Nota-se, por exemplo, valores entre $0,283 \text{ g cm}^{-3}$ (R9) a $0,481 \text{ g cm}^{-3}$ (R2) na Fase I, enquanto que, na Fase II, os valores situaram-se entre $0,307 \text{ g cm}^{-3}$ (O16) a $0,557 \text{ g cm}^{-3}$ (R2). Esses valores são compatíveis, uma vez que para fins de cocção, principalmente em churrascarias do Estado de São Paulo, é preferido carvões mais densos a fim de fomentar um maior tempo de combustão e com menores abastecimentos dos equipamentos de combustão (“churrasqueiras”). Outro ponto a ser destacado é que, através de entrevistas a diversos produtores, os mesmos relataram que uma das espécies mais utilizadas no Estado para produção de carvão vegetal para o referido

fim é o *Eucalyptus saligna*, popularmente chamado de “vermelhão”, devido a elevada densidade da madeira e dos bons rendimentos em carvão.

Analisando a Tabela 5, observa-se que a densidade à granel variou sensivelmente entre as duas Fases de coleta, principalmente, diminuindo significativamente os valores para um mesmo produto comercial.

Tabela 5. Densidade e porosidade dos carvões coletados.

Produto	Densidade à granel (kg m ⁻³)		Densidade verdadeira (g cm ⁻³)		Porosidade (%)	
	Fase I	Fase II	Fase I	Fase II	Fase I	Fase II
R1	221 ^{ea} (7,44)	233 ^{ca} (0,57)	1,31 ^{aa} (0,06)	1,14 ^{aa} (0,05)	70,00 ^{ba} (0,20)	63,37 ^{bb} (3,40)
R2	298 ^{aa} (0,07)	322 ^{aa} (9,82)	1,29 ^{aa} (0,01)	1,14 ^{aa} (0,04)	62,82 ^{ca} (1,11)	50,24 ^{cb} (7,79)
R3	241 ^{da} (2,09)	201 ^{db} (5,45)	1,61 ^{aa} (0,07)	1,13 ^{aa} (0,10)	73,46 ^{aa} (2,16)	62,16 ^{bb} (0,57)
R4	189 ^{fa} (2,89)	189 ^{ea} (1,69)	1,15 ^{aa} (0,03)	1,38 ^{aa} (0,04)	71,40 ^{aa} (0,91)	72,04 ^{aa} (2,96)
R5	260 ^{ca} (3,28)	215 ^{db} (2,22)	1,34 ^{aa} (0,08)	1,19 ^{aa} (0,05)	69,46 ^{ba} (1,50)	70,19 ^{aa} (2,67)
R6	288 ^{aa} (2,33)	269 ^{ba} (4,48)	1,27 ^{aa} (0,09)	1,33 ^{aa} (0,07)	62,62 ^{cb} (1,89)	69,59 ^{aa} (2,76)
R7	211 ^e (1,21)	Ausente	1,64 ^a (0,01)	Ausente	78,85 ^a (5,02)	Ausente
R8	225 ^{ea} (9,99)	219 ^{ca} (15,53)	1,24 ^{aa} (0,02)	1,22 ^{aa} (0,05)	69,61 ^b (0,50)	65,84 ^b (3,19)
R9	170 ^g (2,96)	Ausente	1,63 ^a (0,01)	Ausente	82,68 ^a (0,91)	Ausente
R10	262 ^{ca} (3,70)	225 ^{ca} (3,20)	1,39 ^{aa} (0,11)	1,26 ^{aa} (0,05)	76,46 ^{aa} (2,79)	63,90 ^{bb} (3,58)
I10	252 ^{ca} (6,73)	212 ^{db} (7,75)	1,25 ^{aa} (0,09)	1,23 ^{aa} (0,06)	73,45 ^{aa} (2,33)	63,86 ^{bb} (3,08)
I11	218 ^{ea} (1,01)	187 ^{eb} (2,33)	1,25 ^{aa} (0,03)	1,27 ^{aa} (0,10)	73,02 ^{aa} (3,64)	71,85 ^{aa} (3,86)
I12	243 ^{da} (2,57)	198 ^{eb} (6,82)	1,37 ^{aa} (0,06)	1,17 ^{aa} (0,07)	70,63 ^{ba} (0,75)	64,59 ^{bb} (3,96)
I13	194 ^{fa} (10,01)	194 ^{ea} (3,60)	1,44 ^{aa} (0,08)	1,31 ^{aa} (0,02)	76,13 ^{aa} (1,53)	71,79 ^{ab} (2,91)
I14	202 ^{fa} (0,32)	195 ^{ea} (5,20)	1,45 ^{aa} (0,14)	1,14 ^{aa} (0,05)	72,49 ^{aa} (1,97)	68,24 ^{ab} (3,34)
I16	200 ^{fa} (1,48)	172 ^{fb} (8,95)	1,21 ^{aa} (0,08)	1,08 ^{aa} (0,04)	72,44 ^{aa} (2,84)	68,67 ^{ab} (1,63)
I17	230 ^{ea} (1,18)	259 ^{ba} (7,78)	1,37 ^{aa} (0,05)	1,19 ^{aa} (0,11)	65,99 ^{ba} (1,26)	59,09 ^{bb} (3,70)
C13	220 ^{ea} (1,78)	193 ^{eb} (9,42)	1,27 ^{aa} (0,19)	1,14 ^{aa} (0,02)	75,93 ^{aa} (2,76)	69,71 ^{ab} (0,46)
C16	214 ^{ea} (2,87)	162 ^{fb} (13,35)	1,70 ^{aa} (0,09)	1,10 ^{aa} (0,01)	77,90 ^{aa} (0,42)	70,64 ^{ab} (0,61)
C18	248 ^d (3,82)	Ausente	1,27 ^{aa} (0,03)	Ausente	73,16 ^a (0,89)	Ausente
A13	230 ^{ea} (7,23)	202 ^{db} (0,84)	1,39 ^{aa} (0,08)	1,10 ^{aa} (0,03)	79,22 ^{aa} (4,38)	64,92 ^{bb} (2,86)
A16	208 ^{ea} (13,66)	184 ^{eb} (1,96)	1,41 ^{aa} (0,20)	1,16 ^{aa} (0,07)	74,43 ^{aa} (4,09)	70,53 ^{ab} (1,58)
O6	272 ^b (3,30)	Ausente	1,03 ^{aa} (0,05)	Ausente	60,43 ^c (2,68)	Ausente
O7	239 ^{da} (1,45)	186 ^{eb} (17,05)	1,40 ^{aa} (0,10)	1,20 ^{aa} (0,11)	69,48 ^{ba} (2,76)	65,85 ^{bb} (3,70)
O11	168 ^g (7,13)	Ausente	1,39 ^{aa} (0,10)	Ausente	77,04 ^a (3,70)	Ausente
O12	238 ^{da} (1,47)	170 ^{fb} (23,56)	1,43 ^{aa} (0,10)	1,14 ^{aa} (0,02)	69,25 ^{ba} (4,67)	61,29 ^{bb} (0,46)
O16	198 ^{fa} (1,83)	171 ^{fa} (9,42)	1,24 ^{aa} (0,08)	1,13 ^{aa} (0,02)	72,43 ^{aa} (1,98)	72,93 ^{aa} (0,46)
O19	224 ^e (2,99)	Ausente	1,54 ^{aa} (0,01)	Ausente	75,60 ^a (2,39)	Ausente
O20	273 ^b (1,49)	Ausente	1,21 ^{aa} (0,09)	Ausente	62,36 ^c (5,19)	Ausente

Em que: R = rede de supermercados; I = supermercados independentes; C = casa de carnes; A = auto postos combustíveis; O = outros estabelecimentos. Valores entre (±) correspondem ao erro padrão da média. Letras minúsculas e letras maiúsculas comparam valores na mesma coluna e na mesma linha, respectivamente pelo teste Scott-Knott a 95% de probabilidade.

Exemplo disso é o dos produtos R3, R5, I10, I11, I12, I16, C13, C16, A13, A16, O7 e O12. Não se obteve correlação significativa entre a densidade aparente e a densidade à

granel, fato que poderia explicar tal variação. É possível que esta diminuição esteja relacionada à granulometria dos carvões, pois interfere na acomodação durante a determinação da densidade à granel e, conseqüentemente, no resultado final.

Apesar de significativa, não houve diferença entre os valores da densidade verdadeira, onde os valores absolutos variaram entre $1,10 \text{ g cm}^{-3}$ (C16 e A13, Fase II) e $1,70 \text{ g cm}^{-3}$ (C16, Fase I). A importância da densidade verdadeira está em identificar o grau de transformação dos carvões (grafitização). Ela indica, juntamente com outras propriedades, como pode ter sido o desempenho da carbonização do carvão produzido, ou seja, maiores densidades verdadeiras são esperadas para carvões totalmente carbonizados em elevadas temperaturas finais (ANDRADE; MACHADO, 2004).

A porosidade, para os produtos da Fase I (Tabela 5), apresentou o maior valor para o produto R9 (82,68%) e o menor valor para o produto O20 (62,36%), uma variação de 24,58%. Já na Fase II, a porosidade variou de 50,24% (R2) a 72,93% (O16). Comparando os produtos das duas Fases, nota-se que quando não foram iguais, os produtos da Fase I tiveram a porosidade significativamente superior (exceto R6, Fase II com média superior) aos da Fase II. Tal fato está relacionado à densidade aparente que foi, na maioria das vezes, foi superior para os produtos da Fase II. Com o aumento da densidade aparente espera-se o aumento da massa para um dado volume, e conseqüentemente, uma diminuição da porosidade (GRIQUI et al., 2007). Isso é comprovado observando a Figura 9.

Figura 9. Correlação entre a densidade aparente e porosidade para os produtos coletados na Fase I (A) e Fase II (B). *Significativo a 95% de probabilidade ($p < 0,05$).

Do ponto de vista prático, a porosidade é uma das responsáveis pela “carga” no processo da combustão, facilitando a condução da massa quente e a transferência de calor entre as peças de carvão vegetal. Assim, é necessário um valor mínimo superior a 60% para um uso satisfatório tanto na siderurgia como na cocção de alimentos, pois são valores observados para carvão em elevado grau de transformação, descartando a ocorrência de atijo

e o comprometimento da sua resistência mecânica (KLOSE; SCHINKEL, 2002; GRIQUI et al., 2007).

A Tabela 6 apresenta os resultados da análise imediata. Nela, observa-se que os teores de materiais voláteis, assim como as propriedades anteriormente analisadas apresentaram variação entre os produtos coletados nas cinco categorias comerciais.

Tabela 6. Análise imediata dos carvões coletados.

Produto	Teor de materiais voláteis (%)		Teor de cinzas (%)		Teor de carbono fixo (%)	
	Fase I	Fase II	Fase I	Fase II	Fase I	Fase II
R1	24,34 ^{ea} _(0,66)	20,10 ^{eb} _(0,52)	0,90 ^{fb} _(0,45)	2,15 ^{ba} _(0,63)	74,76 ^{ca} _(0,20)	77,75 ^{ba} _(1,13)
R2	24,48 ^{ea} _(1,25)	26,05 ^{ca} _(0,66)	1,06 ^{eb} _(0,06)	2,02 ^{ba} _(0,09)	74,46 ^{ca} _(1,23)	71,93 ^{da} _(0,65)
R3	29,04 ^{ea} _(0,33)	26,29 ^{cb} _(0,02)	0,77 ^{fa} _(0,02)	0,64 ^{ea} _(0,05)	70,18 ^{ea} _(0,32)	73,07 ^{da} _(0,06)
R4	25,43 ^{ea} _(0,38)	14,10 ^{gb} _(0,55)	2,11 ^{ca} _(0,05)	1,67 ^{cb} _(0,08)	72,46 ^{db} _(0,42)	84,24 ^{aa} _(0,63)
R5	26,20 ^{da} _(0,28)	24,62 ^{cb} _(0,35)	1,19 ^{ea} _(0,01)	1,22 ^{da} _(0,03)	72,60 ^{db} _(0,28)	74,16 ^{da} _(0,36)
R6	29,92 ^{cb} _(0,78)	32,27 ^{aa} _(0,34)	1,80 ^{db} _(0,09)	2,18 ^{ba} _(0,01)	68,28 ^{fa} _(0,83)	65,55 ^{fa} _(0,35)
R7	30,71 ^c _(1,07)	Ausente	1,78 ^d _(0,17)	Ausente	67,50 ^f _(0,91)	Ausente
R8	19,57 ^{fb} _(0,60)	26,34 ^{ca} _(0,58)	2,13 ^{ca} _(0,16)	1,12 ^{db} _(0,09)	78,30 ^{ba} _(0,74)	72,55 ^{db} _(0,51)
R9	15,89 ^g _(0,49)	Ausente	2,91 ^a _(0,14)	Ausente	81,20 ^a _(0,61)	Ausente
R10	23,10 ^{ea} _(0,44)	23,10 ^{da} _(0,68)	1,36 ^{ea} _(0,02)	0,75 ^{eb} _(0,04)	75,54 ^{ca} _(0,43)	76,16 ^{ca} _(0,72)
I10	18,37 ^{fb} _(1,07)	22,18 ^{da} _(0,80)	0,72 ^{fa} _(0,36)	0,73 ^{ea} _(0,06)	80,91 ^{aa} _(0,74)	77,09 ^{cb} _(0,85)
I11	33,66 ^{ba} _(0,73)	24,52 ^{cb} _(0,97)	2,08 ^{ca} _(0,05)	1,45 ^{cb} _(0,10)	64,27 ^{gb} _(0,77)	74,03 ^{da} _(0,89)
I12	19,26 ^{fa} _(0,91)	14,78 ^{gb} _(0,76)	2,36 ^{ba} _(0,03)	0,96 ^{db} _(0,06)	78,38 ^{bb} _(0,89)	84,26 ^{aa} _(0,79)
I13	28,01 ^{db} _(0,52)	30,84 ^{ba} _(0,45)	2,18 ^{ca} _(0,10)	1,12 ^{db} _(0,04)	69,81 ^{ea} _(0,43)	68,04 ^{ea} _(0,48)
I14	26,80 ^{da} _(0,12)	25,99 ^{ca} _(0,55)	1,11 ^{eb} _(0,07)	1,49 ^{ca} _(0,02)	72,09 ^{da} _(0,12)	72,52 ^{da} _(0,57)
I16	29,20 ^{ca} _(0,23)	22,83 ^{db} _(1,41)	2,48 ^{ba} _(0,02)	1,50 ^{cb} _(0,06)	68,32 ^{fb} _(0,24)	75,67 ^{ca} _(1,46)
I17	25,46 ^{eb} _(0,86)	27,97 ^{ca} _(0,41)	2,44 ^{ba} _(0,12)	1,95 ^{bb} _(0,06)	72,10 ^{da} _(0,97)	70,08 ^{ea} _(0,47)
C13	26,69 ^{db} _(1,21)	29,42 ^{ba} _(0,79)	2,30 ^{ba} _(0,08)	1,63 ^{cb} _(0,02)	71,02 ^{da} _(1,13)	68,96 ^{ea} _(0,80)
C16	27,30 ^{da} _(0,42)	22,53 ^{db} _(1,47)	1,67 ^{da} _(0,12)	1,78 ^{ca} _(0,07)	71,03 ^{db} _(0,49)	75,69 ^{ca} _(1,49)
C18	26,37 ^d _(0,31)	Ausente	0,58 ^f _(0,03)	Ausente	73,05 ^d _(0,29)	Ausente
A13	24,17 ^{ea} _(0,27)	18,99 ^{fb} _(0,91)	2,10 ^{ca} _(0,14)	1,90 ^{ba} _(0,08)	73,72 ^{cb} _(0,29)	79,11 ^{ba} _(0,98)
A16	28,93 ^{ca} _(1,33)	26,80 ^{cb} _(0,57)	2,44 ^{ba} _(0,02)	1,07 ^{db} _(0,04)	68,63 ^{fb} _(1,21)	72,14 ^{da} _(0,54)
O6	26,95 ^d _(0,95)	Ausente	1,72 ^d _(0,14)	Ausente	71,34 ^d _(0,94)	Ausente
O7	36,47 ^{aa} _(0,22)	17,66 ^{fb} _(0,98)	1,75 ^{db} _(0,02)	2,55 ^{aa} _(0,12)	61,78 ^{hb} _(0,15)	79,79 ^{ba} _(0,91)
O11	24,30 ^e _(0,88)	Ausente	2,84 ^a _(0,14)	Ausente	72,86 ^d _(0,95)	Ausente
O12	27,28 ^{da} _(0,89)	23,57 ^{db} _(0,98)	1,09 ^{ea} _(0,07)	1,35 ^{da} _(0,06)	71,63 ^{db} _(0,87)	75,08 ^{ca} _(0,92)
O16	35,94 ^{aa} _(0,36)	32,35 ^{ab} _(0,79)	2,06 ^{ca} _(0,27)	1,52 ^{cb} _(0,02)	62,00 ^{hb} _(0,36)	66,13 ^{fa} _(0,80)
O19	29,79 ^c _(0,82)	Ausente	2,12 ^c _(0,13)	Ausente	68,09 ^f _(0,85)	Ausente
O20	28,74 ^c _(0,75)	Ausente	1,12 ^e _(0,08)	Ausente	70,14 ^e _(0,67)	Ausente

Em que: R = rede de supermercados; I = supermercados independentes; C = casa de carnes; A = auto postos combustíveis; O = outros estabelecimentos. Valores entre (±) correspondem ao erro padrão da média. Letras minúsculas e letras maiúsculas comparam valores na mesma coluna e na mesma linha, respectivamente pelo teste Scott-Knott a 95% de probabilidade.

É possível observar que dentro de uma mesma categoria há uma grande variação, assim como para o mesmo produto coletado em épocas distintas. Segundo a Resolução SAA

n°. 40 (SÃO PAULO, 2015), o valor recomendado para o teor de materiais voláteis é de < 25%, pois valores acima deste, comprometem o uso do carvão para cocção em função desta propriedade proporcionar a ocorrência de chamas, o que não é desejado na prática do churrasco. Diante disso, alguns produtos apresentaram valores acima dos 30%, como R7, I11, O7, O16 (Fase I) e R6, I13 e O16 (Fase II).

Além da ocorrência de chamas, os materiais voláteis são os grandes responsáveis pela emissão de compostos gasosos, que podem conter algum componente nocivo. Compostos aromáticos são cancerígenos e passíveis de contaminar os alimentos e a atmosfera, sendo, de alguma forma, contribuintes com a ocorrência de diversas doenças. Exemplo disso é que North et al. (2017) identificaram uma forte associação entre o uso de lenha e carvão vegetal com a ocorrência de doenças crônicas respiratórias em moradores da região de Uganda, Leste da África. Essa correlação é motivo de diversos questionamentos pelos pesquisadores da área (BERUBE et al., 2007; KREYLING et al., 2006; UTELL; FRAMPTON, 2000).

Outras pesquisas demonstram a importância de se utilizar carvão de boa qualidade. Por exemplo, Desalu et al. (2010) e Das et al. (2017) identificaram que as mulheres da cidade de Malawi (África) que utilizam lenha para cocção, apresentaram elevadas chances de serem acometidas por problemas pulmonares em relação às que utilizavam carvão vegetal (de qualidade) no preparo dos alimentos.

Há referências que indicam que o teor de cinzas influencia negativamente no poder calorífico da madeira e do carvão vegetal. Já a resolução SAA n°. 40 (SÃO PAULO, 2015) e a norma Europeia *Association Française de Normalisation - Appareils, combustibles solides et allume-barbecue pour la cuisson au barbecue* (AFNOR, 2007) indicam que para a cocção de alimentos, o ideal é que o carvão apresente um teor de < 1,5% para essa variável. Dessa forma, os resultados obtidos (Tabela 6), mostram que os produtos coletados (Fase I e Fase II) nas cinco categorias comerciais variaram em relação ao valor recomendado. Observam-se valores compreendidos entre 0,58% (C18, Fase I) e 0,64% (Fase II) até 2,91% (R9, Fase I) e 2,55% (O7, Fase II). Sob o ponto de vista prático essa característica é relevante devido ao fato da manutenção dos aparelhos e equipamentos utilizados para o churrasco (“churrasqueiras”) que irão necessitar de constantes manutenções para remoção das cinzas e das incrustações por elas promovidas.

Com relação ao teor de carbono fixo (Tabela 6), importante na qualificação do carvão vegetal para churrasco, recomendam-se valores superiores a 75% (SÃO PAULO, 2015; AFNOR, 2007; DIAS JÚNIOR et al., 2015b) para um bom desempenho frente ao fornecimento de calor e livre da ocorrência de chamas (inversamente proporcional ao teor de

voláteis). Os melhores resultados obtidos neste estudo foram para os produtos R9 e I10 na Fase I (81,20 e 80,91%, respectivamente) e para a Fase II os produtos I12 e R4 (84,26 e 84,24%, respectivamente). Em virtude dos menores teores de materiais voláteis terem ocorrido na Fase II, a maioria dos produtos coletados durante essa fase apresentou os maiores valores de teor de carbono fixo, ao se comparar com a Fase I da pesquisa.

O poder calorífico refere-se à energia disponível por unidade de massa do carvão vegetal. Espera-se que quanto mais elevado for, melhor será o desempenho durante a cocção. O recomendado são valores acima de 7.000 kcal kg⁻¹ (DIAS JÚNIOR et al., 2015b). Todavia, ao se considerar um produto com potencialidades higroscópicas, é preciso descontar a energia “perdida” pela umidade do material. É assim que é obtido o poder calorífico útil, disposto na Tabela 7 e que, apesar de variável, os produtos comerciais coletados durante as duas fases apresentaram-se como regulares para a cocção de alimentos com base nessas propriedades (PCS e PCU).

Tabela 7. Poder calorífico dos carvões coletados.

Produto	Poder calorífico superior (kcal kg ⁻¹)		Poder calorífico útil (kcal kg ⁻¹)	
	Fase I	Fase II	Fase I	Fase II
R1	8732 ^{aA} (11,74)	8566 ^{cB} (38,28)	7929 ^{aA} (22,66)	7691 ^{cB} (37,11)
R2	8672 ^{aA} (15,18)	8582 ^{cB} (16,80)	7728 ^{bA} (34,25)	7774 ^{cA} (16,47)
R3	8678 ^{aA} (64,51)	8699 ^{aA} (3,48)	7789 ^{bB} (79,02)	7903 ^{bA} (15,34)
R4	8561 ^{bB} (44,59)	8674 ^{bA} (45,67)	7785 ^{bA} (35,30)	7759 ^{cA} (44,03)
R5	8652 ^{aA} (36,25)	8714 ^{aA} (44,55)	7707 ^{bB} (48,08)	7853 ^{bA} (84,33)
R6	8539 ^{cA} (67,47)	8473 ^{cB} (4,39)	7695 ^{bB} (63,17)	7733 ^{cA} (8,11)
R7	8484 ^c (28,62)	Ausente	7606 ^c (25,98)	Ausente
R8	8604 ^{bA} (51,73)	8661 ^{bA} (18,65)	7697 ^{bB} (66,29)	7766 ^{cA} (91,76)
R9	8518 ^c (10,02)	Ausente	7466 ^d (25,07)	Ausente
R10	8712 ^{aA} (12,96)	8762 ^{aA} (15,18)	7955 ^{aB} (51,83)	8026 ^{aA} (46,61)
I10	8731 ^{aA} (59,00)	8739 ^{aA} (16,87)	7698 ^{bB} (51,07)	7936 ^{aA} (9,24)
I11	8419 ^{dB} (76,32)	8642 ^{bA} (25,07)	7590 ^{cB} (85,48)	7908 ^{bA} (60,44)
I12	8573 ^{bB} (20,39)	8698 ^{aA} (49,31)	7744 ^{bA} (32,76)	7787 ^{cA} (24,87)
I13	8609 ^{bA} (19,02)	8540 ^{cA} (3,75)	7852 ^{aA} (27,07)	7802 ^{cA} (14,52)
I14	8672 ^{aA} (47,14)	8624 ^{bA} (10,13)	7918 ^{aA} (13,35)	7879 ^{bA} (28,45)
I16	8406 ^{dB} (52,75)	8642 ^{bA} (22,60)	7499 ^{dB} (13,88)	7857 ^{bA} (10,56)
I17	8582 ^{bB} (38,93)	8627 ^{bA} (3,89)	7695 ^{bB} (44,33)	7882 ^{bA} (13,25)
C13	8504 ^{cA} (38,02)	8544 ^{cA} (57,05)	7572 ^{cB} (49,06)	7856 ^{bA} (68,73)
C16	8636 ^{bA} (55,33)	8663 ^{bA} (37,96)	7678 ^{bB} (9,83)	7985 ^{aA} (27,39)
C18	8706 ^a (13,96)	Ausente	7925 ^a (26,84)	Ausente
A13	8583 ^{bB} (46,87)	8653 ^{bA} (32,21)	7438 ^{dB} (89,40)	7867 ^{bA} (11,93)
A16	8534 ^{cB} (37,91)	8675 ^{bA} (15,21)	7842 ^{aB} (47,80)	7957 ^{aA} (32,95)
O6	8625 ^b (21,00)	Ausente	7951 ^a (38,96)	Ausente
O7	8312 ^{cB} (12,58)	8609 ^{cA} (44,44)	7597 ^{cB} (52,49)	7861 ^{bA} (34,75)
O11	8522 ^c (32,33)	Ausente	7794 ^b (33,32)	Ausente
O12	8684 ^{aB} (32,27)	8726 ^{aA} (46,20)	7762 ^{bB} (38,32)	8018 ^{aA} (33,34)
O16	8283 ^{cB} (53,13)	8528 ^{cA} (57,05)	7480 ^{dB} (5,10)	7636 ^{cA} (68,73)
O19	8509 ^c (58,75)	Ausente	7497 ^d (55,20)	Ausente
O20	8574 ^b (47,43)	Ausente	7707 ^b (44,67)	Ausente

Em que: R = rede de supermercados; I = supermercados independentes; C = casa de carnes; A = auto postos combustíveis; O = outros estabelecimentos. Valores entre (±) correspondem ao erro padrão da média. Letras minúsculas e letras maiúsculas comparam valores na mesma coluna e na mesma linha, respectivamente pelo teste Scott-Knott a 95% de probabilidade.

Os resultados do teste de tamboramento (Tabela 8) indicam o bom comportamento do carvão frente aos possíveis impactos que pode sofrer durante os processos de retirada do forno, peneiramento, empacotamento, transporte, disposição nos estabelecimentos comerciais e utilização. Apesar de variações entre as marcas de produtos nas categorias comerciais e entre as fases de coleta, as classificações inferiores foram classificadas como medianamente friável (15% a 25% de finos). Tal resultado é considerado satisfatório em função do acima exposto.

Tabela 8. Resultados do ensaio de tamboramento e friabilidade.

Produto	Friabilidade (%)		Classificação (%)	
	Fase I	Fase II	Fase I	Fase II
R1	10,27 ^{CB} (0,60)	24,09 ^{AA} (1,67)	<i>pouco friável</i>	<i>médio friável</i>
R2	18,31 ^{AB} (2,28)	22,56 ^{AA} (1,08)	<i>médio friável</i>	<i>médio friável</i>
R3	19,33 ^{AA} (3,02)	11,99 ^{CB} (0,74)	<i>médio friável</i>	<i>pouco friável</i>
R4	10,61 ^{CA} (0,27)	11,34 ^{CA} (0,07)	<i>pouco friável</i>	<i>pouco friável</i>
R5	20,27 ^{AA} (2,74)	11,93 ^{CB} (0,42)	<i>médio friável</i>	<i>pouco friável</i>
R6	11,19 ^{CB} (0,53)	19,32 ^{BA} (0,60)	<i>pouco friável</i>	<i>médio friável</i>
R7	20,66 ^A (0,29)	<i>Ausente</i>	<i>pouco friável</i>	<i>Ausente</i>
R8	14,48 ^{BA} (0,33)	9,50 ^{DB} (1,35)	<i>pouco friável</i>	<i>pouquíssimo friável</i>
R9	12,04 ^B (0,45)	<i>Ausente</i>	<i>pouco friável</i>	<i>Ausente</i>
R10	10,52 ^{CB} (0,97)	16,68 ^{BA} (3,54)	<i>pouco friável</i>	<i>médio friável</i>
I10	23,36 ^{AA} (3,00)	16,63 ^{BB} (1,37)	<i>médio friável</i>	<i>médio friável</i>
I11	10,46 ^{CA} (0,74)	8,96 ^{DB} (0,47)	<i>pouco friável</i>	<i>pouquíssimo friável</i>
I12	18,61 ^{AA} (1,59)	17,85 ^{BA} (0,46)	<i>médio friável</i>	<i>pouco friável</i>
I13	14,60 ^{BA} (0,11)	10,64 ^{DB} (0,52)	<i>pouco friável</i>	<i>pouco friável</i>
I14	10,27 ^{CB} (0,26)	15,35 ^{BA} (0,26)	<i>pouco friável</i>	<i>médio friável</i>
I16	8,43 ^{CA} (0,74)	9,11 ^{DA} (0,73)	<i>pouquíssimo friável</i>	<i>pouquíssimo friável</i>
I17	8,59 ^{CA} (0,50)	9,93 ^{DA} (0,59)	<i>pouquíssimo friável</i>	<i>pouquíssimo friável</i>
C13	13,89 ^{BA} (0,46)	13,08 ^{CA} (0,02)	<i>pouco friável</i>	<i>pouco friável</i>
C16	8,68 ^{CA} (0,48)	8,62 ^{DA} (0,35)	<i>pouquíssimo friável</i>	<i>pouquíssimo friável</i>
C18	14,46 ^B (1,17)	<i>Ausente</i>	<i>pouco friável</i>	<i>Ausente</i>
A13	13,88 ^{BA} (0,61)	10,77 ^{DB} (0,58)	<i>pouco friável</i>	<i>pouco friável</i>
A16	9,90 ^{CA} (1,02)	10,38 ^{DA} (0,16)	<i>pouquíssimo friável</i>	<i>pouco friável</i>
O6	11,39 ^C (2,40)	<i>Ausente</i>	<i>pouco friável</i>	<i>Ausente</i>
O7	18,57 ^{AA} (0,37)	12,41 ^{CB} (1,24)	<i>médio friável</i>	<i>pouco friável</i>
O11	10,07 ^C (0,44)	<i>Ausente</i>	<i>pouco friável</i>	<i>Ausente</i>
O12	15,29 ^{BA} (1,62)	13,14 ^{CB} (1,05)	<i>médio friável</i>	<i>pouco friável</i>
O16	6,91 ^{CB} (0,23)	15,88 ^{BA} (1,02)	<i>pouquíssimo friável</i>	<i>médio friável</i>
O19	8,74 ^C (0,13)	<i>Ausente</i>	<i>pouquíssimo friável</i>	<i>Ausente</i>
O20	12,43 ^B (0,86)	<i>Ausente</i>	<i>pouco friável</i>	<i>Ausente</i>

Em que: R = rede de supermercados; I = supermercados independentes; C = casa de carnes; A = auto postos combustíveis; O = outros estabelecimentos. Valores entre (±) correspondem ao erro padrão da média. Letras minúsculas e letras maiúsculas comparam valores na mesma coluna e na mesma linha, respectivamente pelo teste Scott-Knott a 95% de probabilidade.

O índice de combustão do carvão vegetal (ICOM_{cv}) varia de 0 a 1 (adimensional) e tem como principal finalidade indicar os produtos que fornecem maiores temperaturas em função da menor perda de massa. Quanto mais próximo de 1, melhor é o combustível para a cocção de alimentos (churrasco) (DIAS JÚNIOR et al., 2015a). É dele que se obtém a temperatura máxima, temperatura final e a degradação da massa (taxa de degradação) por unidade de tempo em uma simulação de combustão.

Dessa forma, observando a Tabela 9, conclui-se que o ICOM_{cv} foi maior para os produtos coletados durante a Fase I, quando não se mostraram significativamente iguais entre

as fases. Os maiores valores foram para os produtos I14 (0,84), O6 e O7 (0,77) (Fase I). Enquanto que na Fase II os maiores valores foram para os produtos I14 (0,60), C13 (0,56) e C16 (0,50).

Tabela 9. Ensaio de combustão dos carvões coletados.

Produto	ICOM _{cv}		Temperatura máxima (°C)		Temperatura final (°C)		Taxa de degradação (g min ⁻¹)	
	Fase I	Fase II	Fase I ^{ns}	Fase II	Fase I	Fase II	Fase I	Fase I
R1	0,57 ^{ca} _(0,01)	0,32 ^{bb} _(0,02)	245 _(3,18)	198 ^b _(4,49)	142 ^{ca} _(5,63)	136 ^{ab} _(2,86)	2,72 ^{ab} _(0,06)	3,01 ^{aa} _(0,04)
R2	0,60 ^{ca} _(0,02)	0,35 ^{bb} _(0,12)	239 _(6,35)	194 ^b _(5,11)	140 ^{ca} _(0,92)	126 ^{bb} _(0,82)	2,34 ^{ca} _(0,05)	2,63 ^{ba} _(0,06)
R3	0,64 ^{ca} _(0,01)	0,29 ^{bb} _(0,06)	277 _(8,08)	194 ^b _(9,39)	134 ^{da} _(6,09)	138 ^{aa} _(8,16)	2,68 ^{aa} _(0,08)	2,92 ^{aa} _(0,05)
R4	0,59 ^{ca} _(0,07)	0,30 ^{bb} _(0,02)	253 _(4,04)	186 ^b _(2,45)	157 ^{ba} _(2,94)	157 ^{aa} _(0,82)	2,73 ^{aa} _(0,02)	2,77 ^{ba} _(0,05)
R5	0,57 ^{ca} _(0,01)	0,62 ^{aa} _(0,03)	243 _(11,26)	234 ^a _(4,49)	114 ^{eb} _(1,13)	170 ^{aa} _(5,31)	2,31 ^{cb} _(0,08)	3,05 ^{aa} _(0,02)
R6	0,69 ^{ba} _(0,04)	0,42 ^{bb} _(0,02)	250 _(15,01)	205 ^b _(1,41)	138 ^{ca} _(2,51)	110 ^{bb} _(3,67)	2,49 ^{bb} _(0,01)	2,99 ^{aa} _(0,04)
R7	0,73 ^b _(0,02)	Ausente	294 _(2,31)	Ausente	138 ^c _(10,48)	Ausente	2,77 ^a _(0,01)	Ausente
R8	0,60 ^{ca} _(0,01)	0,40 ^{bb} _(0,01)	262 _(4,33)	199 ^b _(7,35)	140 ^{ca} _(3,41)	149 ^{aa} _(9,21)	2,70 ^{aa} _(0,02)	2,90 ^{aa} _(0,05)
R9	0,58 ^c _(0,11)	Ausente	257 _(5,20)	Ausente	172 ^a _(2,31)	Ausente	2,49 ^b _(0,06)	Ausente
R10	0,64 ^{ca} _(0,01)	0,30 ^{bb} _(0,06)	239 _(34,50)	191 ^b _(8,98)	134 ^{db} _(8,66)	142 ^{aa} _(1,22)	2,43 ^{ba} _(0,04)	2,94 ^{aa} _(0,04)
I10	0,59 ^{ca} _(0,06)	0,52 ^{aa} _(0,03)	240 _(10,10)	238 ^a _(2,86)	134 ^{db} _(0,91)	140 ^{aa} _(6,94)	2,16 ^{db} _(0,02)	2,96 ^{aa} _(0,01)
I11	0,54 ^{ca} _(0,02)	0,31 ^{bb} _(0,04)	243 _(4,91)	188 ^b _(6,94)	123 ^{db} _(3,23)	147 ^{aa} _(9,18)	2,66 ^{aa} _(0,01)	2,90 ^{aa} _(0,05)
I12	0,58 ^{ca} _(0,02)	0,27 ^{bb} _(0,06)	277 _(37,24)	186 ^b _(9,35)	175 ^{aa} _(2,17)	157 ^{ab} _(8,98)	2,47 ^{ba} _(0,02)	2,43 ^{ba} _(0,31)
I13	0,67 ^{ba} _(0,02)	0,35 ^{bb} _(0,05)	296 _(36,47)	204 ^b _(6,53)	114 ^{ea} _(2,93)	107 ^{bb} _(6,53)	2,76 ^{ab} _(0,03)	3,13 ^{aa} _(0,10)
I14	0,84 ^{aa} _(0,01)	0,60 ^{ab} _(0,14)	318 _(0,58)	249 ^a _(7,35)	152 ^{cb} _(6,26)	160 ^{aa} _(9,21)	2,77 ^{aa} _(0,03)	3,07 ^{aa} _(0,02)
I16	0,66 ^{ba} _(0,01)	0,34 ^{bb} _(0,02)	273 _(1,44)	195 ^b _(5,41)	124 ^{db} _(2,92)	145 ^{aa} _(6,94)	2,69 ^{aa} _(0,02)	2,96 ^{aa} _(0,05)
I17	0,72 ^{ba} _(0,03)	0,39 ^{bb} _(0,01)	278 _(1,15)	208 ^b _(2,86)	145 ^{ca} _(1,33)	128 ^{bb} _(3,67)	2,46 ^{ba} _(0,08)	2,88 ^{aa} _(0,01)
C13	0,62 ^{ca} _(0,02)	0,56 ^{ab} _(0,04)	271 _(2,89)	242 ^a _(6,94)	121 ^{da} _(4,79)	122 ^{ba} _(8,98)	2,59 ^{ab} _(0,01)	3,09 ^{aa} _(0,05)
C16	0,62 ^{ca} _(0,03)	0,50 ^{ab} _(0,04)	257 _(11,84)	233 ^a _(4,49)	139 ^{cb} _(0,58)	157 ^{aa} _(9,80)	2,72 ^{aa} _(0,04)	2,94 ^{aa} _(0,02)
C18	0,63 ^c _(0,02)	Ausente	263 _(6,64)	Ausente	122 ^d _(2,28)	Ausente	2,69 ^a _(0,02)	Ausente
A13	0,70 ^{ba} _(0,05)	0,33 ^{bb} _(0,03)	282 _(12,70)	189 ^b _(1,22)	136 ^{cb} _(5,25)	148 ^{aa} _(8,62)	2,71 ^{aa} _(0,01)	2,90 ^{aa} _(0,05)
A16	0,56 ^{ca} _(0,01)	0,30 ^{bb} _(0,04)	251 _(4,81)	191 ^b _(1,83)	126 ^{db} _(4,28)	132 ^{ba} _(3,41)	2,65 ^{aa} _(0,05)	2,93 ^{aa} _(0,04)
O6	0,77 ^a _(0,05)	Ausente	296 _(10,39)	Ausente	115 ^e _(1,73)	Ausente	2,70 ^a _(0,03)	Ausente
O7	0,77 ^{aa} _(0,07)	0,22 ^{bb} _(0,05)	288 _(2,02)	177 ^b _(8,98)	96 ^{fb} _(2,51)	147 ^{aa} _(4,90)	2,64 ^{aa} _(0,03)	2,60 ^{ba} _(0,07)
O11	0,52 ^c _(0,01)	Ausente	240 _(0,58)	Ausente	147 ^c _(8,66)	Ausente	2,71 ^a _(0,04)	Ausente
O12	0,54 ^{ca} _(0,06)	0,27 ^{bb} _(0,04)	237 _(13,28)	187 ^b _(6,94)	127 ^{db} _(6,00)	143 ^{aa} _(8,98)	2,61 ^{aa} _(0,04)	2,79 ^{ba} _(0,05)
O16	0,68 ^{ba} _(0,01)	0,33 ^{bb} _(0,04)	307 _(14,15)	194 ^b _(7,89)	132 ^{da} _(2,01)	122 ^{bb} _(8,98)	2,75 ^{ab} _(0,03)	3,07 ^{aa} _(0,05)
O19	0,58 ^c _(0,04)	Ausente	249 _(7,79)	Ausente	127 ^d _(2,83)	Ausente	2,67 ^a _(0,01)	Ausente
O20	0,71 ^b _(0,03)	Ausente	277 _(1,73)	Ausente	132 ^d _(6,64)	Ausente	2,63 ^a _(0,02)	Ausente

Em que: R = rede de supermercados; I = supermercados independentes; C = casa de carnes; A = auto postos combustíveis; O = outros estabelecimentos. ICOM_{cv} = índice de combustão. Valores entre (±) correspondem ao erro padrão da média. Letras minúsculas e letras maiúsculas comparam valores na mesma coluna e na mesma linha, respectivamente pelo teste Scott-Knott a 95% de probabilidade. ns = valores não significativos (p < 0,05).

Esses valores são considerados baixos, quando comparados com os resultados de Dias Júnior et al. (2015a), que também analisaram carvão vegetal com finalidades de cocção de alimentos. Como anteriormente exposto, é possível que a elevada densidade dos produtos

da Fase II interferiu na porosidade resultando em uma deficiente transferência de calor entre as peças de carvão, não sendo capaz de gerar temperaturas elevadas e com pouca perda de massa durante a simulação de combustão (Tabela 9).

Da mesma forma, as temperaturas máximas mensuradas para os produtos da Fase I foram superiores aos coletados na Fase II. O $ICOM_{cv}$ é calculado com base em uma temperatura mínima (150 °C) para o início do cozimento dos alimentos; sendo as temperaturas finais dos carvões foram próximas a esse valor. Em termos práticos, isso significa que, mesmo após o “desempenho” ápice do carvão, seria possível conduzir a cocção sem uma intervenção imediata de realimentação de carvão no equipamento (“churrasqueira”).

Apesar de poucos estudos que abordem a taxa de degradação do carvão para cocção, Dias Júnior et al. (2014) analisaram briquetes e concluíram que a densidade está atrelada a essa variável. Porém, trata-se de um combustível mais homogêneo e compactado. Sabe-se que em uma mesma embalagem de carvão vegetal são encontradas peças de carvão oriundas da madeira de diversas partes de uma árvore, assim como de distintas regiões do forno com distintos níveis de carbonização. Isso explica a falta de correlação entre a densidade do carvão, seu $ICOM_{cv}$ e a respectiva taxa de degradação.

Tratando-se de um produto heterogêneo, essas variáveis podem estar relacionadas à ignição e ao número de vezes em que se distribui o carvão na “churrasqueira”, visando-se melhorar a carga e a transferência de calor entre as peças do combustível.

Outro fator a ser considerado são as variáveis estudadas em relação aos preços do carvão vegetal (capítulo II). É possível que haja relação entre o custo e uma dada propriedade do produto. Algumas análises de correlações foram feitas neste estudo (Figura 10), mas não foram obtidas relações significativas.

Figura 10. Correlações entre os preços dos produtos e poder calorífico superior (A) e densidade aparente (B). ns = não significativo a 95% de probabilidade ($p > 0,05$).

Essa hipótese é levantada pelo fato de que é observado na prática que algumas biomassas para uso energético (cavacos de madeira, resíduos de cana, resíduos madeireiros urbanos, entre muitos outros) são comercializadas com base no poder calorífico útil, pois este considera no seu cálculo a umidade do combustível. Isso poderia subsidiar, por exemplo, em termos de qualidade, a disponibilização ao consumidor de produtos que atenderiam a quesitos mínimos para uso na cocção de alimentos. Seria possível, por exemplo, optar por um produto considerando a sua qualidade, e ainda, conscientemente, escolher pelo preço aliado a condição financeira de cada consumidor, mesmo que o produto fosse, reconhecidamente, de qualidade inferior a outros disponíveis no momento da compra.

Considerando todas as variáveis analisadas no carvão vegetal, a análise de componentes principais foi feita considerando as duas novas componentes obtidas. Isso é justificado em função de que mais de 50% da variação total (ANEXO E e ANEXO G) está contida nessas duas componentes (MINGOTI, 2005; MANLY, 2008).

A Figura 11 ilustra o diagrama de ordenação das variáveis em função das duas primeiras componentes principais para a Fase I do estudo.

Figura 11. Diagrama de ordenação das características analisadas nos carvões coletados durante a Fase I considerando os escores e autovetores da componente principal I e da componente principal II.

É possível observar que a elevada variabilidade identificada nos produtos não permitiu agrupamentos claros e diferenciados. Nota-se um grupo centralizado, composto pela

maioria dos produtos e em volta deles outros produtos dispersos (R2, R9, I10, O6, O7 e O16). Esse comportamento pode ter sido provocado por algumas características determinadas nos seus respectivos produtos. Por exemplo, a elevada umidade do produto R9, elevados valores de densidade aparente, densidade à granel e teor de carbono fixo nos produtos O6, R2, e I10, respectivamente.

A taxa de degradação e o teor de materiais voláteis também contribuíram para o distanciamento dos carvões O16 e O7. Apesar de considerar a formação de um grupo central, não é difícil notar que os produtos se dividem entre as características analisadas em função da variabilidade detectada. Esses resultados permitem concluir que nem mesmo os produtos de uma mesma marca ou de uma categoria comercial foram agrupados, sendo distintos entre si em função das características analisadas. Isso fortalece a ideia de que um mesmo produto pode ser oriundo de diversos fornecedores, assim como um fornecedor pode disponibilizar o mesmo carvão para diversas marcas comerciais. Isso pode ser confirmado, com base nos autovetores (ANEXO F) e, observando que os produtos I11 e I16 (diferentes marcas e da mesma localidade, capítulo II) encontram-se mais próximos no diagrama do que de outros produtos da mesma marca só que de categorias comerciais distintas. O ideal seria que os produtos de uma mesma procedência (marca) mantivessem um padrão, a fim de que o consumidor conseguisse identificar, fidelizar e sempre que preciso comunicar os desvios de qualidade, quando observados.

Já para a Fase II do estudo (Figura 12), houve uma formação parecida; um grupo centralizado, um segundo grupo com poucos produtos (R6, I13, C13, O16) bem próximo e outros produtos dispersos no diagrama.

Figura 12. Diagrama de ordenação das características analisadas nos carvões coletados durante a Fase II considerando os escores e autovetores da componente principal I e da componente principal II.

Observa-se que a maioria dos produtos ainda forma um grupo central. Outros produtos que na Fase I estavam nesse agrupamento, se deslocaram formando o segundo grupo. Esses produtos (R6, I13, C13, O16) coletados na Fase II tiveram aumento nos valores de teor de carbono fixo, taxa de degradação e temperatura máxima atingida e, diminuíram o poder calorífico superior e o teor de carbono fixo. Detectou-se, ainda, que alguns produtos (R6, R4, I14), anteriormente contidos no grupo central, na Fase II participam de outro grupo (R6), ou distribuem-se aleatoriamente.

Tendo este estudo como um dos objetivos identificar a variabilidade (principal aspecto de qualidade) dos produtos para propor ações que contribuam com a valoração da cadeia produtiva, medidas visando maior uniformidade das características do carvão vegetal para cocção de alimentos devem ser conduzidas, conciliando os produtores, distribuidores e consumidores. Para isso, incentivos políticos, fiscais e de “desburocratização” devem ser estabelecidos especificamente para o setor.

3.4. Conclusões

Sim, existe elevada variabilidade entre as características dos produtos relativas às marcas, categorias comerciais e fases de coleta realizadas.

Foram coletados briquetes comercializados como carvão vegetal. Os produtos apresentaram resultados que não os recomendam para uso na cocção.

Não foram observados agrupamentos definidos para os produtos, devido à alta variação total das variáveis analisadas.

Recomendam-se estudos que abordem as relações entre as características do carvão vegetal para cocção de alimentos e os preços de venda dos produtos.

Referências

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6922**: carvão vegetal - ensaios físicos determinação da massa específica (densidade à granel). Rio de Janeiro: 1981. 2p.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7402**: Carvão vegetal – determinação granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 1982. 3p.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8633**: carvão vegetal - determinação do poder calorífico. Rio de Janeiro: 1984. 13p.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9165**: Determinação da densidade relativa aparente, relativa verdadeira e porosidade. Rio de Janeiro: ABNT, 1985. 8p.

ASSOCIATION FRANÇAISE DE NORMALISATION (AFNOR). **NF EM 1860-2**: Appareils, combustibles solides et allume-barbecue pour la cuisson au barbecue. Saint Denis, Paris: 2005. 29p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D-1764**: Standard method for chemical analyses of wood charcoal. Philadelphia, 1977.

ANATER, M. J. N. **Qualidade do carvão vegetal para uso doméstico comercializado em Curitiba**. Dissertação (Mestrado em Bioenergia). Universidade Federal do Paraná – UFPR. Curitiba, 2017. 75p.

ANDRADE, A. M.; DELLA LUCIA, R. M. Avaliação da higroscopicidade do carvão vegetal e seus efeitos na resistência ao esmagamento. **Floresta & Ambiente**, n. 2, p. 20–26, 1995.

ANDRADE, A. M.; MACHADO, F. S. Comparação entre as propriedades físicas e mecânicas dos finos de carvão vegetal e de carvão mineral, para injeção nas ventaneiras de altos-fornos siderúrgicos. **Biomassa & Energia**, v. 1, n. 3, p. 273-279, 2004.

BERUBE, K.; BALHARRY, D.; SEXTON, K.; KOSHY, L.; JONES, T. Combustion derived nanoparticles: mechanisms of pulmonary toxicity. **Clinical Experimental Pharmacology Physiology**, v. 34, n.10, p. 1044–1050, 2007.

BRAND, M. A.; RODRIGUES, A. A.; OLIVEIRA, A.; MACHADO, M. S.; ZEN, L. N. Qualidade do carvão vegetal para o consumo doméstico comercializado na região serrana sul de Santa Catarina. **Revista Árvore**, v. 39, n. 6, p.1165-1173, 2015.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balanco Energético Nacional – BEN**. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2016. EPE, 62 p. Disponível em: https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2016.pdf. Acessado em: 19 de nov. 2016.

DAS, I.; JAGGER, P.; YEATTS, K. Biomass cooking fuels and health outcomes for women in Malawi. **EcoHealth**, v. 4, n. 1, p. 7-19, 2017.

DESALU, O. O.; ADEKOYA, A. O.; AMPITAN, B. A. Increased risk of respiratory symptoms and chronic bronchitis in women using biomass fuels in Nigeria. **J Bras. Pneumologia**, v. 36, n. 4, p. 441-446, 2010.

DIAS JÚNIOR, A. F.; ANDRADE, A. M.; COSTA JR., D. S. Caracterização de briquetes produzidos com resíduos agroflorestais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 34, n. 79, p. 225-234, 2014.

DIAS JÚNIOR, A. F.; BRITO, J. O.; ANDRADE, C. R. Granulometric influence on the combustion of charcoal for barbecue. **Revista Árvore**, v. 39, n. 6, 2015a.

DIAS JÚNIOR, A. F.; ANDRADE, C. R.; BRITO, J. O.; MILAN, M. Desdobramento da função qualidade na avaliação da qualidade do carvão vegetal utilizado para cocção de alimentos. **Floresta & Ambiente**, v. 22, n. 2, 2015b.

GARCIA, D. P.; RODRIGUES, C. R.; DAL BEM, E. A.; FERREIRA, J. P. Qualidade do carvão vegetal visando uso doméstico. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v. 11, n. 1, p. 59-67, 2017.

GRIQUI, N.; HALOUANI, K.; ZOULALIAN, A.; HALOUANI, F. Experimental study of thermal effect on olive wood porous structure during carbonization. **Maderas. Ciencia y Tecnologia**, v. 9, n.1, 2007.

GORDON, S. B.; BRUCE, N. G.; GRIGG, J.; HIBBERD, P. L.; KURMI, O. P.; HUBERT LAM, K. B.; MORTIMER, K. Respiratory risks from household air pollution in low and middle income countries. **The Lancet Respiratory Medicine Commission**, v. 2, n. 10, p. 823-860, 2014.

GYSEL, N.; WELCH, W. A.; CHEN, C. L.; DIXIT, P.; COCKER, D. R.; KARAVALLAKIS, G. Particulate matter emissions and gaseous air toxic pollutants from commercial meat cooking operations. **Journal of Environmental Sciences**. v. 1, n. 1, 2017.

KALIYAN, N.; R. MOREY, V. Natural binders and solid bridge type binding mechanisms in briquettes and pellets made from corn stover and switchgrass. **Bioresource Technology**, v. 101, n. 3, p. 1082-1090, 2010.

KLOSE, W.; SCHINKEL, A. Measurement and modelling of the development of pore size distribution of wood during pyrolysis. **Fuel Processing Technology**, v. 77, p. 459-466, 2002.

KREYLING, W. G.; SEMMLER-BEHNKE, M.; MOLLER, W. Health implications of nanoparticles. **Journal of Nanoparticle Research**, v. 8, n. 5, p. 543–562, 2006.

MARTINS, M. P.; BENICIO, E. L.; DIAS JÚNIOR, A. F.; ALMEIDA, R. B.; CARVALHO, A. M.; YAMAJI, F. M. Produção e avaliação de briquetes de finos de carvão vegetal compactados com resíduo celulósico proveniente da indústria de papel e celulose. **Revista Árvore**, v. 40, n. 1, p. 173-180, 2016.

MEIRA, A. M.; BRITO, J. O.; RODRIGUEZ, L. C. E. Estudo de aspectos técnicos, econômicos e sociais da produção de carvão vegetal no município de Pedra Bela, São Paulo, Brasil. **Revista Árvore**, v. 29, n. 5, p. 809-817, 2005.

MINITAB, Inc. **Minitab statistical software**^{TM}, Release 16.0, Copyright©, 2010.

MANLY, B. J. F. **Métodos estatísticos multivariados: uma introdução**. 3^oed. Porto Alegre: Bookman, 2008.

MINGOTI, S.A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada**. Belo Horizonte: UFMG, 2005. 297p.

NORTH, C. M.; VALERI, L.; HUNT, P. W.; MOCELLO, A. R.; MARTIN, J. N.; BOUM, Y.; HABERER, J. E.; BANGSBERG, D. R.; CHRISTIANI, D. C.; SIEDNER, M. J. Cooking fuel and respiratory symptoms among people living with HIV in rural Uganda. **European Respiratory Society**, n. 3, p. 1-6, 2017.

OLIVEIRA, J.B; GOMES, P. A.; ALMEIDA, M. R. Estudos preliminares de normalização de testes de controle de qualidade de carvão vegetal. **Carvão vegetal: destilação, propriedades e controle de qualidade**. Belo Horizonte: FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS/CETEC, p. 9-38, 1982.

PROGRAMA DE QUALIFICAÇÃO E CERTIFICAÇÃO DO CARVÃO VEGETAL NO ESTADO DE SÃO PAULO – PRÓCARVÃO. **Relatório descritivo SEBRAE**. São Paulo. 2002. 63p.

QUIRINO, W. F.; BRITO, J. O. **Características e índice de combustão de briquetes de carvão vegetal**. Brasília: Laboratório de Produtos Florestais – LPF (Série Técnica, 13). 1991. 14p.

RANGEL, A. A. **Anatomia comparada do lenho e do carvão aplicada na identificação de 76 espécies da Amazônia no estado do Pará, Brasil**. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP. Piracicaba. 2012. 249p.

ROSA, R. A.; CHAVES ARANTES, M. D.; PAES, J. B.; ANDRADE, W. S. D. P.; MOULIN, J. C. Qualidade do carvão vegetal para o consumo doméstico. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 3, n. 2, p. 41-48, 2012.

RUEDA, C. V.; BALDI, G.; GASPARRI, I.; JOBBÁGY, E. G. Charcoal production in the Argentine Dry Charcoal: where, how and who? **Energy for Sustainable Development**, n. 27, p. 46–53, 2015.

SÃO PAULO. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Resolução nº 10 SAA, de 11 de julho de 2003. **Diário Oficial do Poder Executivo**, São Paulo, SP (2003 jul.).

SÃO PAULO: Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Resolução nº 40 SAA, de 14 de dezembro de 2015. **Diário Oficial do Poder Executivo**, São Paulo, SP (2015 dez).

SIOUTAS, C.; DELFINO, R. J.; SINGH, M. Exposure assessment for atmospheric ultrafine particles (UFPs) and implications in epidemiologic research. **Environmental Health Perspectives**, v. 113, n. 8, p. 947–955, 2005.

UTELL, M. J.; FRAMPTON, M. W. Acute health effects of ambient air pollution: the ultrafine particle hypothesis. **Journal of Aerosol Medicine**, v. 13, n. 4, p. 355–359, 2000.

VITAL, B. R.; CARNEIRO, A. C.; CRUZ, F. M.; RIBEIRO, K. V. G.; LOURES, N. G.; NACIF, A. P. **Manual de identificação de carvão vegetal**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2014.

WARNES, A. **Savage barbecue: race, culture and the invention of america's first food**. Georgia, United States: British Library, Geórgia, 2008. 201p.

ZHAO, X.; HU, Q.; WANG, X.; HE, Q.; ZHANG, Z.; SHEN, R. Composition profiles of organic aerosols from Chinese residential cooking: case study in urban Guangzhou, south China. **Journal of Atmospheric Chemistry**, v. 72, n. 1, p. 1-18, 2015.

4. DETECÇÃO DE HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS NO EXTRATO DO CARVÃO VEGETAL UTILIZADO PARA COCÇÃO DE ALIMENTOS

Resumo

O carvão vegetal é um produto bastante utilizado para cocção de alimentos, porém a sua qualidade para o referido uso não tem sido amplamente estudada. Os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) são uma classe de compostos carcinógenos que podem estar presentes no carvão. Dessa forma, o objetivo deste capítulo foi analisar o extrato do carvão vegetal utilizado para cocção, quanto à presença de HPAs. Dos produtos coletados, descritos no capítulo II, foram selecionadas duas marcas comerciais com base na frequência e no teor de carbono fixo dos carvões. Os materiais que foram analisados no capítulo III, tiveram o extrato orgânico obtido a partir do tratamento com ciclohexano e em seguida, foi analisado por meio de cromatografia a gás acoplada a um espectrômetro de massa, com o intuito de determinar-se uma classe de dezesseis HPAs. Todos os HPAs analisados foram detectados nos extratos líquidos dos carvões, porém os valores observados estiveram abaixo do limite de detecção determinado pela metodologia aplicada.

Palavras-chave: Qualidade do carvão vegetal; Toxicidade do carvão vegetal; Cromatografia gasosa

Abstract

Charcoal is a product widely used for barbecue, but its quality for said use has not been widely studied. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) are a class of carcinogenic compounds that may be present in charcoal. Thus, the objective of this chapter, was to analyze the extract of charcoal for barbecue, regarding the presence of PAHs. Of the products collected, described in chapter II, two trademarks were selected based on the frequency and fixed carbon content of the charcoals. The materials that were analyzed in chapter III, had the organic extract obtained from the cyclohexane treatment and then analyzed by gas chromatography coupled to a mass spectrometer to determine a class of sixteen PAHs. All PAHs analyzed were detected in the liquid extracts of the coals, but the values observed were below the limit of detection determined by the applied methodology.

Keywords: Charcoal quality; Toxicity of charcoal; Gas chromatography

4.1. Introdução

É de longa data que o Brasil ocupa a posição de maior produtor e, ao mesmo tempo, maior consumidor de carvão vegetal do mundo. Em média, foram produzidos no ano de 2015, 6,6 milhões de t ano⁻¹ (BEN, 2016; IBÁ, 2016), onde quase 90% foram destinados para fins siderúrgicos, sobretudo, no Estado de Minas Gerais. Estima-se que a maior parte do restante tenha sido utilizada na cocção de alimentos (churrasco).

A preparação de alimentos com base em lenha e carvão é uma das práticas mais antigas utilizadas pela humanidade (WARNES, 2008; VIKSNA et al., 2015; LEDESMA et al., 2015). Dias Júnior et al. (2015a) identificaram que, nas residências da cidade de Piracicaba, SP, a prática de cocção com o uso do carvão é realizado ao menos uma vez por mês. No país, o “churrasco” é amplamente difundido, envolvendo aspectos socioculturais, metodologias de produção e uma cadeia que inclui logística de distribuição e arrecadação, próprias da categoria (WARNES, 2008).

Apesar da grande demanda brasileira por carvão vegetal, as normas oficiais regulamentam apenas procedimentos de realização de testes e ensaios, mas não atribuem parâmetros mínimos para o produto destinado ao preparo de alimentos. No país, o único mecanismo conhecido que estabelece diretrizes para o controle de qualidade de carvão para cocção é o da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo (SAA). Trata-se do Selo São Paulo – Carvão Premium (de adesão voluntária), promulgado pela Resolução n°. 40 (SÃO PAULO, 2015). Na Europa, por exemplo, a AFNOR (2005) - *Association Française de Normalisation: Appareils, combustibles solides et allume-barbecue pour la cuisson au barbecue*, regulamenta aspectos mínimos de qualidade para o carvão vegetal e briquetes utilizados na cocção de alimentos.

As normas citadas, no entanto, abordam somente as características mais regulares do carvão vegetal, enquanto que outras particularidades, como o caso da presença de compostos, potencialmente tóxicos, não é levada em consideração. É o caso, dos hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) considerados mutagênicos e carcinogênicos e que têm recebido atenção especial da *Food and Agriculture Organization* (FAO), *World Health Organization* (WHO), *International Agency for Research on Cancer* (IARC) e destacados em diversos estudos pela capacidade de contaminar os alimentos (MOTTIER et al., 2000; COSTA, 2001; VIKSNA et al., 2008; DUEDAHL-OLESEN et al., 2015; LEDESMA et al., 2015). Os níveis máximos admitidos de HPAs, em certos gêneros alimentícios, estão fixados pela legislação europeia através da Comissão de Regulamentação (CE) 208/2005.

No tradicional churrasco, utilizando-se o carvão vegetal, os HPAs podem contaminar os alimentos através do contato com os gases, que por sua vez, têm a sua composição influenciada pela matéria-prima e processo de obtenção, conhecido por carbonização (LARSON, 1982; NISHA et al., 2015). Para Larson (1982), esses fatores influenciam, principalmente, na quantidade de alcatrão residual que permanece obstruindo os poros do carvão e que são os responsáveis pela formação de HPAs durante a combustão. Viskna et al. (2008) analisaram alimentos grelhados utilizando-se o carvão vegetal proveniente da madeira de coníferas e obtiveram importantes índices de contaminação por HPAs nos alimentos. Segundo Larson (1982) valores de HPAs podem ser substancialmente mais elevados em carvões derivados de madeiras de coníferas (em decorrência da resina), mas salienta que há carências de estudos e metodologias relativos ao uso da biomassa como combustível que apontem resultados mais precisos. No Brasil, a madeira mais recomendada para produção de carvão é a do gênero *Eucalyptus*, porém há situações em que madeiras de outros gêneros (como as do bioma cerrado) são utilizadas para esse fim.

Dessa forma, neste capítulo objetivou-se analisar o extrato obtido do carvão vegetal (dissolvido em solvente orgânico) quanto à presença de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) potencialmente tóxicos.

4.2. Material e Métodos

4.2.1. Seleção das amostras de carvão vegetal

A justificativa em se trabalhar com o carvão vegetal adquirido nas embalagens foi a de garantir a aleatoriedade da amostragem, diferentes lotes do produto e aproximar ao máximo do que é disponibilizado ao consumidor final. Dessa forma, os produtos foram obtidos pela amostragem descrita no capítulo II e analisados pelos testes e ensaios apresentados no capítulo III. Em resumo, as variáveis utilizadas para as discussões feitas neste capítulo, foram:

- Identificação do grupo de madeira que originou o carvão vegetal (RANGEL, 2012; VITAL et al., 2014).
- Umidade (%) - NBR 8112 (ABNT, 1986).
- Densidade aparente (g cm^{-3}) - NBR 11941 (ABNT, 2003).
- Friabilidade (%) - NBR 8740 (ABNT, 1985).
- Composição imediata: teor de voláteis, teor de cinzas e teor de carbono fixo (%) – ASTM D 1762-84 (ASTM, 1977).

- Poder calorífico superior e inferior (kcal kg^{-1}) - NBR 8633 (ABNT, 1984).
- Índice de combustão do carvão vegetal - Dias Júnior et al. (2015b).

Assim, selecionaram-se duas marcas comerciais de carvão vegetal obedecendo aos critérios de maior frequência (maior possibilidade do consumidor obter) e com base em diferentes amplitudes de carbono fixo (baixo e alto), segundo São Paulo (2015). Dessa forma, foram escolhidos os produtos I10 e I11.

4.2.2. Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs)

Os procedimentos dos ensaios foram realizados junto ao Laboratório Integrado de Química, Celulose e Energia (LQCE/ESALQ/USP) e à Central Analítica do Instituto de Química da Universidade Estadual de Campinas (CA/IQ/UNICAMP).

A preparação das amostras e a determinação dos HPAs no extrato do carvão vegetal foram realizadas de acordo com as normas da *Environmental Protection Agency* EPA 3550 C (2007) e EPA 8270 D (2007), respectivamente. As amostras de carvão foram secas em estufa regulada a 103 ± 2 °C e, posteriormente, trituradas e misturadas em balão volumétrico contendo 100 ml de água destilada e 100 ml de solvente ciclohexano. Para separação da água, foram adicionados 250 ml de etanol. Em seguida, adicionou-se 50 ml de solvente dimetilformaldeído para facilitar a obtenção do extrato orgânico livre de ciclohexano. O procedimento de extração se deu pela técnica de fase sólida por meio de *sohxlet*, temperatura de 60 °C e com suas soluções em seguida concentradas em rotavapor.

Os limites de detecção (LD) e de quantificação (LQ) foram calculados com base na razão do sinal ruído dos picos nas análises de soluções padrões, assumindo a razão 10:1 para LQ e 3:1 para LD. As curvas de calibração foram construídas, a partir da adição de volumes conhecidos de solução estoque de uma classe de 16 HPAs (Tabela 10) em solução de isopropanol e acetato de etila (1:1).

As análises cromatográficas foram realizadas em um cromatógrafo gasoso, modelo *Thermo Scientific* DSQ II, acoplado a um espectrômetro de massa Focus (GC/MS). A esse espectrômetro estava inserida uma coluna capilar 5%, tipo fenil metilsiloxano (20 m; ID 180 μm ; *Film* 0,18 μm), dotada de gás Hélio de arraste, forno com temperatura inicial de 60 °C, temperatura máxima de 350 °C e tempo de corrida de vinte minutos.

Tabela 10. Compostos analisados no carvão vegetal.

Hidrocarboneto	Abreviação	Identificador CAS	Carcinogenicidade
Acenaphthene	Ac	83-32-9	I
Acenaphthylene	Ap	208-96-8	I
Anthracene	A	120-12-7	I
Benzo[a]anthracene	BaA	56-55-3	S
Benzo(a)pyrene	BaP	50-32-8	S
Benzo[b]fluoranthene	BbF	205-99-2	S
Benzo[g,h,i]perylene	BghiP	191-24-2	I
Benzo[k]fluoranthene	BkF	207-08-9	S
Chrysene	Ch	218-01-9	S
Dibenz[a,h]anthracene	DBaA	53-70-3	S
Phenanthrene	Pa	85-01-8	I
Fluoranthene	Fl	206-44-0	N
Fluorene	F	86-73-7	I
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	IP	193-39-5	S
Naphthalene	Na	91-20-3	I
Pyrene	P	129-00-0	N

Em que: CAS = registro no *Chemical Abstract Service* - CAS designados às substâncias, de maneira sequencial; cada número de registro CAS é um identificador numérico único. Dados disponíveis para a comprovação do efeito: (S) Suficientes; (I) Ilimitados; (N) Não carcinogênicos. Fonte: adaptado de Netto et al. (2000).

O equipamento foi programado para análise completa de varredura, tempo de varredura de 0,13 segundos, realizando oito varreduras por segundo. Para a análise propriamente dita, um microlitro (μl) da solução amostra foi injetado no cromatógrafo. Os dados foram adquiridos pelo modo de monitoramento de íon selecionado (MS). Os espectros de picos foram comparados com os espectros de massa dos padrões de HPAs e biblioteca fornecida pelo instrumento.

4.2.3. Análise dos dados

Os resultados das propriedades físicas, químicas e mecânicas do carvão vegetal foram analisados por meio da estatística descritiva, considerando os valores médios e seus respectivos desvios padrões (realizadas e descritas no capítulo III). Para a comparação múltipla entre os dois produtos, foi aplicado o teste t de *student* a 95% de probabilidade. Os resultados cromatográficos foram interpretados por meio dos valores fornecidos pelo GC/MS e dos cromatogramas gerados.

4.3. Resultados e Discussão

Os dois produtos analisados originaram-se da madeira de *Eucalyptus* spp. As metodologias utilizadas permitem o reconhecimento da madeira somente em nível de gênero,

diferenciando se o carvão vegetal foi oriundo de eucalipto ou não. A Tabela 11 sumariza os valores médios das demais características analisadas (discutidos no capítulo III).

Tabela 11. Valores médios das características analisadas nos carvões.

Produto	U	F	DA	TMV	TCZ	TCF	ICOM _{cv}	PCS	PCI
I10	5,32 ^a	23,36 ^a	0,345 ^a	18,37 ^b	0,72 ^b	80,91 ^a	0,59 ^a	8731 ^a	8163 ^a
D.P. (±)	0,39	2,25	0,14	10,12	0,50	1,58	0,33	1,17	1,17
I11	4,36 ^b	10,46 ^b	0,344 ^a	33,66 ^a	2,08 ^a	64,27 ^b	0,54 ^b	8419 ^b	7963 ^b
D.P. (±)	0,78	2,18	0,20	3,73	0,92	2,06	0,91	1,57	1,72

Em que: U = umidade (%); F = friabilidade (%); DA = densidade aparente (g cm^{-3}); TMV = teor de materiais voláteis (%); TCZ = teor de cinzas (%); TCF = teor de carbono fixo (%); ICOM_{cv} = índice de combustão do carvão vegetal; PCS = poder calorífico superior (kcal kg^{-1}); PCI = poder calorífico inferior (kcal kg^{-1}); D.P. = desvio padrão da média. Valores médios seguidos pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste t de *student* a 95% de probabilidade.

Observando os resultados (Tabela 11) do teor de carbono fixo obtido para o produto I11, o mesmo é considerado abaixo do recomendado para uso na cocção (> 75%) (SÃO PAULO, 2015; DIAS JÚNIOR et al., 2015b). Vários fatores podem contribuir esse resultado considerando uma mesma matéria-prima na produção de carvão. Como exemplo pode-se destacar a temperatura final de carbonização (baixas), taxa de aquecimento, finalização do processo antes do adequado para a completa carbonização, entre outros. Além disso, existe uma relação entre o teor de carbono fixo e o grau de carbonização, sendo possível que a madeira não tenha sido totalmente carbonizada, apresentando ainda “atiço”, sem que uma parte da sua fração volátil fosse eliminada para a completa transformação em carvão vegetal.

Do ponto de vista prático, na cocção, valores acentuados de umidade podem comprometer o acendimento e a combustão do carvão vegetal. Elevados índices de friabilidade indicam maior facilidade de quebra durante o transporte e manuseio, da mesma forma que, elevados teores de carbono fixo indicam maior capacidade de queima sem a geração de chamas.

O carvão vegetal I10 apresentou elevado teor de carbono fixo, condizente com a boa performance da combustão observada no ensaio de ICOM_{cv} (Tabela 11). Como o índice de combustão (ICOM_{cv}) considera o tempo e a perda de massa para temperaturas acima de 150 °C, quanto mais constante for a temperatura em função de uma menor perda de massa, maior será o ICOM_{cv}. Em contrapartida, elevados percentuais de cinzas é uma característica indesejável no carvão vegetal, pois pode interferir negativamente no seu poder calorífico (OLIVEIRA et al., 2010). Isso foi, por exemplo, comprovado para o carvão I11, que apresentou o maior teor de cinzas e menor poder calorífico superior em relação ao carvão I10.

Neste sentido, Brito (2002), São Paulo (2015) e Rosa et al. (2012) relatam que o carvão vegetal para ser considerado de boa qualidade para cocção, deve reunir características como elevada densidade aparente ($> 0,220 \text{ g cm}^{-3}$), elevado teor de carbono fixo ($> 75\%$), elevado poder calorífico ($> 7.000 \text{ kcal kg}^{-1}$), baixa umidade ($< 5\%$), baixo teor de materiais voláteis ($< 25\%$) e baixo teor de cinza ($< 1,5\%$). O produto analisado (I10), atende as características mencionadas, podendo ser classificado como de ótima qualidade.

Na Tabela 12 são apresentadas as equações obtidas após as calibrações dos 16 HPAs analisados no extrato do carvão vegetal e os respectivos coeficientes de determinação (R^2).

Tabela 12. Equações das calibrações obtidas para os hidrocarbonetos analisados.

Hidrocarboneto	Equação de Calibração	R^2
Acenaphthene	$y = 44783,5 x$	0,9992
Acenaphthylene	$y = 67255 x$	0,9991
Anthracene	$y = 67876,9 x$	0,9993
Benzo[a]anthracene	$y = 78340,6 x$	0,9998
Benzo(a)pyrene	$y = 39624,5 x$	0,9992
Benzo[b]fluoranthene	$y = 43701,1 x$	0,9990
Benzo[g,h,i]perylene	$y = 55105,4 x$	0,9993
Benzo[k]fluoranthene	$y = 50461,3 x$	0,9991
Chrysene	$y = 74284,8 x$	0,9992
Dibenz[a,h]anthracene	$y = 37741,2 x$	0,9998
Phenanthrene	$y = -178757 + 66358,6 x$	0,9994
Fluoranthene	$y = 74371,2 x$	0,9994
Fluorene	$y = 65045 x$	0,9992
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	$y = 51607,5 x$	0,9990
Naphthalene	$y = 43788,1 x$	0,9992
Pyrene	$y = 76653,8 x$	0,9992

Em que: y = área de retenção do HPA analisado; x = concentração do HPA (ppb).

Observa-se que os valores de R^2 variaram entre 0,9990 e 0,9998, indicando boas correlações entre a área de retenção e concentração dos HPAs. Esses resultados apontam para a precisão e confiabilidade da determinação dos compostos neste estudo. De acordo com a Tabela 13, os valores de HPAs detectados nos extratos dos carvões analisados foram inferiores a $0,32 \text{ mg kg}^{-1}$.

A detecção dos hidrocarbonetos no extrato do carvão vegetal indica que a contaminação de alimentos, durante a cocção, deve ser considerada. Apesar dos compostos terem sido identificados no extrato do carvão vegetal, é ele (extrato) que contém o alcatrão, precursor dos HPAs.

Tabela 13. Compostos (HPAs) detectados no carvão vegetal.

Hidrocarboneto	Resultados Analíticos (mg kg ⁻¹)		
	Carvão vegetal “A”	Carvão vegetal “B”	LD
Acenaphthene	< LD	< LD	0,32
Acenaphthylene	< LD	< LD	0,32
Anthracene	< LD	< LD	0,32
Benzo[a]anthracene	< LD	< LD	0,32
Benzo[a]pyrene	< LD	< LD	0,32
Benzo[b]fluoranthene	< LD	< LD	0,32
Benzo[g,h,i]perylene	< LD	< LD	0,32
Benzo[k]fluoranthene	< LD	< LD	0,32
Chrysene	< LD	< LD	0,32
Dibenz[a,h]anthracene	< LD	< LD	0,32
Phenanthrene	< LD	< LD	0,32
Fluoranthene	< LD	< LD	0,32
Fluorene	< LD	< LD	0,32
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	< LD	< LD	0,32
Naphthalene	< LD	< LD	0,32
Pyreno	< LD	< LD	0,32

Em que: LD = limite de detecção do composto químico.

Apesar disso, o cromatograma apresentado na Figura 13, evidencia a detecção de todos os 16 compostos nos extrato dos carvões “A” e “B”.

Em que: Ac = Acenaphthene; Ap = Acenaphthylene; A = Anthracene; BaA = Benzo[a]anthracene; BaP = Benzo(a)pyrene; BbF = Benzo[b]fluoranthene; BghiP = Benzo[g,h,i]perylene; BkF = Benzo[k]fluoranthene; Ch = Chrysene; DBaA = Dibenz[a,h]anthracene; Pa = Phenanthrene; Fl = Fluoranthene; F = Fluorene; IP = Indeno[1,2,3-cd]pyrene; Na = Naphthalene; P = Pyreno.

Figura 13. Cromatograma obtido para os HPAs analisados nos carvões “I10” e “I11”.

Com base no fato de que o carvão não é um material de composição química molecular bem definida, a carbonização tem como base a eliminação de componentes voláteis da madeira pela ação do calor, com o intuito de concentrar carbono (PEREZ et al., 2004, FRANCIOSO et al., 2011). Para a cocção, quanto maior for a sua proporção carbonácea, melhor, pois isso, em tese, resultaria na menor presença de alcatrão residual em seus poros e, consequentemente, em menores concentrações de HPAs.

O teor de carbono fixo sendo um importante indicador de qualidade do carvão vegetal poderia está relacionado com os HPAs. A hipótese inicial era a de que houvesse diferenças ao se considerar os dois produtos com diferentes teores de carbono fixo. Tal argumentação deve-se ao fato de que, durante o processo de obtenção, à medida que se eleva a temperatura de carbonização, aumenta-se o teor de carbono fixo do carvão (TRUGILHO; SILVA, 2001; DIAS JÚNIOR et al., 2016). Isso resultaria, provavelmente, em um carvão vegetal com menores teores de alcatrão, quando comparado com outro carvão produzido sob os efeitos de uma menor temperatura final de carbonização.

Diante das características observadas neste estudo para o carvão I10, supunha-se que não fossem detectados todos ou parte dos HPAs analisados, como foram identificados no carvão I11 (menor teor de carbono fixo), considerando o elevado teor de carbono fixo do primeiro (80,91%, Tabela 11). Dessa forma, o carvão vegetal pode apresentar compostos nocivos e estudos posteriores devem ser conduzidos para sua melhor caracterização, em função de outros aspectos que envolvam a produção e utilização para fins de preparo de alimentos.

Os HPAs analisados compreenderam desde aos menos complexos em termos de cadeia aromática (naphthalene) até ao mais complexo, como o (benzo[g,h,i]perylene). Para Larson (1982) a forma como se conduz a cocção é um fator determinante na formação e eliminação dos HPAs. Para o autor, fatores como a umidade do combustível (carvão ou madeira), temperatura e a aeração (fluxo de carga) do equipamento da combustão, podem desestruturar os compostos, transformando-os em outros menos prejudiciais. Da mesma forma, é possível acelerar a emissão gasosa (baixas temperaturas) durante o processo. Diante disso, para uma menor emissão de HPAs, recomenda-se que a cocção seja conduzida com elevadas temperaturas e com o alimento situado o mais distante possível da fonte de calor (carvão) (LARSON, 1982).

A Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the European Commission (2008), agrupa em níveis de toxicidade duas categorias de HPAs nos alimentos. A primeira engloba quatro hidrocarbonetos: benzo[a]anthracene (A),

benzo[a]pyrene, benzo[k]fluoranthene e chrysene, sendo que a recomendação de ingestão máxima desses compostos (por pessoa), não deve atingir a $0,34 \text{ mg kg}^{-1}$ ao dia. A segunda categoria é constituída por oito hidrocarbonetos prioritários, que são: benzo[a]anthracene, benzo[a]pyrene, benzo[k]fluoranthene, benzo[g,h,i]perylene, benzo[a]pyrene, chrysene, dibenz[a,h]anthracene e indeno[1,2,3-cd]pyrene (WENZL et al., 2006). Para este conjunto, a ingestão diária de HPAs em alimentos, por pessoa, não deve ultrapassar $0,49 \text{ mg kg}^{-1}$ ao dia.

Essas atribuições foram estabelecidas com base na ingestão de alimentos, onde, considerando uma alta periodicidade da prática de “churrasco” no Brasil, e os resultados obtidos neste estudo, pode-se estabelecer que a qualidade do carvão vegetal deve ser, assim como para os alimentos, cuidadosamente observada. A exemplo disso, Viksna et al. (2008), obtiveram para alimentos (carnes e vegetais) grelhados em carvão vegetal oriundo da Letônia (leste Europeu), valores entre $0,84 \text{ } \mu\text{g kg}^{-1}$ (dibenz[a,h]anthracene) e $17,69 \text{ } \mu\text{g kg}^{-1}$ (chrysene). Mesmo sendo de baixa magnitude, tais valores já foram considerados pelos autores como nocivos e prejudiciais à saúde ocupacional. Os autores ainda encontraram valores abaixo do limite de detecção para dibenz[a,h]anthracene e benzo[a]pyrene.

Duedahl-Olesen et al. (2015), afirmaram que a redução da contaminação de alimentos por HPAs pode ser conseguida ainda em função do consumo de carnes com baixos teores de lipídeos (gorduras), conduzindo a cocção a uma distância superior a 20 cm entre o carvão e os alimentos, mantendo a temperatura de preparação fornecida pelo carvão a maior possível (através de aeração e realimentação do produto), eliminando as chamas (materiais voláteis) e o seu contato direto com os alimentos. Na prática, é difícil a adoção das recomendações feitas pelos autores, e o controle de qualidade do produto constitui a melhor prevenção no sentido de contaminação pelos HPAs.

O Regulamento CE-208 (2005) introduz um nível máximo de $5,0 \text{ ng g}^{-1}$ de benzo(a)pyrene (principal indicador de HPAs) para carnes e produtos defumados e/ou grelhados. Considera-se que os limites supracitados, recomendados pelas legislações, referem-se, especificamente, aos produtos alimentícios, pelo fato de que a maioria dos estudos aponta como vias de contaminação de HPAs: a composição dos alimentos e os processos de preparação (MOTTIER, 2000). Durante a cocção o carvão vegetal entra em contato com os alimentos, não somente pelo contato com os gases, mas também pelas emissões de particulados. É diante disso que as pesquisas conduzidas especificamente com carvão vegetal poderão responder, de forma mais precisa, o seguinte questionamento: qual é o principal agente contaminante; o carvão vegetal, os alimentos ou as variáveis do processo de cocção?

4.4. Conclusões

Todos os compostos hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) foram identificados nos extratos do carvão vegetal, em limites abaixo do ponto de detecção. Todavia, não se descarta a hipótese da necessidade de atenção com a qualidade do produto a ser utilizado para o churrasco.

São recomendados estudos complementares que abordem a qualificação de HPAs em carvões produzidos em diferentes condições de processo (matéria-prima, temperatura de carbonização, taxa de aquecimento, etc.), de cocção (distância da fonte de calor, variação de temperatura, condições do fluxo de carga) e dos respectivos alimentos preparados.

Recomenda-se, ainda, a análise dos gases emitidos pela combustão do carvão vegetal por metodologia adequada à prática de cocção (cromatografia pirolítica) com vista a verificar se os HPAs presentes no extrato do carvão são os mesmos presentes nos gases (estudo qualitativo e quantitativo).

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8633**: carvão vegetal - determinação do poder calorífico. Rio de Janeiro, 1984. 13p.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 8740**: Carvão vegetal – determinação do índice de quebra e abrsão. Rio de Janeiro: ABNT, 1985. 4p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11941**: madeira: determinação da densidade básica. Rio de Janeiro, 2003. 6p.

ASSOCIATION FRANÇAISE DE NORMALISATION - AFNOR. **NF EM 1860-2**: appareils, combustibles solides et allume: barbecue pour la cuisson au barbecue. Saint Denis; 2005. 29p.

ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 1762-84**: Standard method for chemical analyses of wood charcoal. Phyladelphia, 1977. 1042p.

BEN - BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL. **Empresa de Pesquisa Energética**. Relatório anual: ano base 2014. Brasília, 2015. Disponível em: < https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2016.pdf>. Acesso em 22 jun. 2017.

BRITO, J. O. A escolha certa do carvão. **Revista Churrasco e Churrascarias**, v. 5, n. 24, p. 16, 2002.

COMMISSION REGULATION (CE) 208/2005 OF 4 FEBRUARY 2005 AMENDING REGULATION (EC) 466/2001 as regards polycyclic aromatic hydrocarbons. (2005). Official Journal of European Union, L34, 3 de 15 de Dezembro de 2004 relativa ao arsénio, ao cádmio, ao mercúrio, ao níquel e aos hidrocarbonetos aromáticos policíclicos no ar ambiente. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2005:023:0003:0016:PT:PDF>

COSTA, A. F. **Avaliação da contaminação humana por hidrocarbonetos policíclicos aromáticos: determinação de 1-hidroxipireno urinário**. [Mestrado] Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública, 2001. 80p.

DIAS JÚNIOR, A. F.; ANDRADE, C. R.; BRITO, J. O.; MILAN, M. Desdobramento da função qualidade na avaliação da qualidade do carvão vegetal utilizado para cocção de alimentos. **Floresta & Ambiente**, v. 22, n. 2, 2015a.

DIAS JÚNIOR, A. F.; BRITO, J. O.; ANDRADE, C. R. Granulometric influence on the combustion of charcoal for barbecue. **Revista Árvore**, v. 39, n. 6, 2015b.

DIAS JÚNIOR, A. F.; PIROLA, L. P.; TAKSESHITA, S.; LANA, A. Q.; BRITO, J. O.; ANDRADE, A. M. Higroscopicity of charcoal produced in different temperatures. **Cerne**, Lavras, v. 22, n. 4, 2016.

DIRECTIVA 2004/107/CE DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO FAO. **Food and Agriculture Organization of United Nations (FAO). Agriculture and Consumer Protection Department. FAO Corporate Document Repository**. “World Agriculture: Towards 2015/2030. An FAO perspective”. Retrieved August 10, 2014 from: <http://www.fao.org/docrep/005/y4252e/y4252e05b.htm>

DUEDAHL-OLESEN, L.; AASLYNG, M.; MEINERT, L.; CHRISTENSEN, T.; JENSEN, A.H.; BINDERUP, M. L. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in Danish barbecued meat, **Food Control**, n.57, p.169-176, 2015.

EPA - US Environmental Protection Agency (2007). **Method 8270D: Semivolatile organic compounds by gas chromatography/mass spectrometry (GC/MS)**. 2007. 70p.

EPA - US Environmental Protection Agency (2007). **Method 3550 C: Ultrasonic extraction**. 2007. 17p.

FRANCIOSO, O.; CORTES, S. S.; BONORA, S.; ROLDÁN, M. L. Structural characterization of charcoal size-fractions from a burnt Pinus pinea forest by FT-IR, Raman and surface-enhanced Raman spectroscopies. **Journal of Molecular Structure**, v. 994, n. 3, p. 155-162, 2011.

IBÁ - **Indústria Brasileira de Árvores**. Relatório Anual Ibá. Disponível em: http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2016_.pdf. Acesso em 22 jun. 2017.

LARSSON, B. K. Polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked fish. **Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung**, n. 174, p. 101–107, 1982.

LEDESMA, E.; RENDUELES, M.; DIAZ, M. Contamination of meat products during smoking by polycyclic aromatic hydrocarbons: Processes and Prevention, **Food Control**, v. 35, n. 15, 2015.

MOTTIER, P.; PARISOD, V.; TURESKY, R.J. Quantitative Determination of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Barbecued Meat Sausages by Gas Chromatography Coupled to Mass Spectrometry. **Journal Agric. Food Chem**, n. 48, p.160-1166, 2000.

NETTO, A. D. P.; MOREIRA, J. C.; DIAS, A. E. X. O.; ARBILLA, G.; FERREIRA, L. F. V.; OLIVEIRA, A. S.; BAREK, J. Avaliação da contaminação humana por hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAS) e seus derivados nitratos (NHPAS): uma revisão metodológica. **Química Nova**, v. 23, n. 6, p. 765-773, 2000.

NISHA, A.R.; DINESH KUMAR, V.; ARIVUDAINAMBI, S.; UMER M.; KHAN, M.S. Polycyclic aromatic hydrocarbons in processed meats: A toxicological perspective. **Research Journal of Chemistry and Environment**, v. 19, n. 6, 2015.

OLIVEIRA, A. C.; CARNEIRO, A. de C. O.; VITAL, B. R.; ALMEIDA, W.; PEREIRA, B. L. C.; CARDOSO, M. T. Parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de *Eucalyptus pellita* F. Muell. **Scientia Forestalis**, v. 38, n. 87, p. 431-439, 2010.

PEREZ, J. A. G.; VILA, F. J. G; ALMENDROS, G.; KNICLER, H. The effect offire on soil organic matter – a review. **Enviromental Internacional**, v. 30, n. 6, p. 855-870, 2004.

RANGEL, A. A. **Anatomia comparada do lenho e do carvão aplicada na identificação de 76 espécies da Amazônia no estado do Pará, Brasil**. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP. Piracicaba. 2012. 249p.

ROSA, R. A.; ARANTES, M. D. C.; PAES, J. B.; ANDRADE, S. P.; MOULIN, J. C. Qualidade do carvão vegetal para uso doméstico. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, Gurupi, v. 3, n. 2, p. 41-48, 2012.

SCIENTIFIC OPINION OF THE PANEL ON CONTAMINANTS IN THE FOOD CHAIN ON A REQUEST FROM THE EUROPEAN COMMISSION: Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Food. **The EFSA Journal**, n. 724, p. 1-114, 2008.

SÃO PAULO. Secretaria de Agricultura e Abastecimento de São Paulo. Resolução nº 10 SAA, de 11 de julho de 2003. **Diário Oficial do Poder Executivo**, São Paulo, SP (2003 jul).

SÃO PAULO. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Resolução nº 40 SAA, de 14 de dezembro de 2015. **Diário Oficial do Poder Executivo**, São Paulo, SP (2015 dez).

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**, v. 2, n. 2, p. 45-53, 2001.

VIKSNA, I. S.; BARTKEVIC, V.; KUKA, A.; MOROZOV, A. Polycyclic aromatic hydrocarbons in meat smoked with different types of wood. **Food Chemistry**, v. 110, n. 3, p. 794-797, 2008.

VITAL, B. R.; CARNEIRO, A. C.; CRUZ, F. M.; RIBEIRO, K. V. G.; LOURES, N. G.; NACIF, A. P. **Manual de identificação de carvão vegetal**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2014.

WARNES, A. **Savage barbecue: race, culture and the invention of america's first food**. Geórgia: British Library, 2008. 201p.

WENZL, T.; SIMON, R.; ANKLAM, E.; KLEINER, J. Analytical methods for polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in food and the environment needed for new food legislation in the European Union. **Trends Analytical Chemistry**, n. 25, p. 716–725, 2006.

5. DESDOBRAMENTO DA QUALIDADE DO CARVÃO VEGETAL VISANDO A ADEQUAÇÃO PARA USO NA COCÇÃO DE ALIMENTOS

Resumo

A produção e a comercialização do carvão vegetal, geralmente, são feitas sem um levantamento antecipado das necessidades dos consumidores. A função desdobramento da qualidade (QFD) é um método sugerido para alcançar a qualidade identificando os desejos e exigências do consumidor para um determinado produto. Assim, objetivou-se neste capítulo, levantar e definir as principais características do carvão vegetal utilizado para cocção de alimentos (“churrasco”). Foram aplicados questionários para os consumidores de carvão e, em seguida, as principais necessidades foram desdobradas junto a uma equipe multidisciplinar. Foram ainda determinados os fatores de causa e efeito pelo método de Ishikawa. A partir das necessidades dos consumidores foi possível traduzir as demandas técnicas do produto, sendo as qualidades prioritárias: a facilidade de ignição, rápida formação de brasas, rápida preparação de alimentos e preço acessível. Os fatores relacionados à matéria-prima, força de trabalho e metodologia foram apontados como decisivos na qualidade do carvão vegetal para churrasco.

Palavras chaves: Qualidade do carvão vegetal; Gestão pela qualidade; Desenvolvimento de produtos

Abstract

The commercialization of charcoal is usually done without knowing the needs of consumers. The quality function deployment (QFD) is a suggested method to achieve quality identifying the wants and consumer demand for a product. Thus, this research had as objectives to raise and define the main characteristics of charcoal for barbecue. Questionnaires were applied to charcoal consumers and then the main needs were deployed by a team. The cause and effect factors were also determined by the Ishikawa method. From the consumers needs it was possible to translate the technical demands of the product, the priority qualities being: ease of ignition, rapid formation of embers, rapid food preparation and low price. The factors related to raw material, labor and methodology were determined as decisive in the quality of charcoal for barbecue.

Keywords: Charcoal quality; Quality management; Product development

5.1. Introdução

Não é novidade que o domínio do fogo pelo homem impulsionou a sua evolução, assim como é de longa data que o carvão vegetal está presente no cotidiano diante de diversas aplicações. Há referências que indicam que foi com o carvão a primeira prática de preparo de alimentos (cocção) feita pelos seres humanos (WARNES, 2008; KHALESSI et al., 2008).

Apesar de ser comumente associado a momentos comemorativos, o tradicional “churrasco”, tem a sua origem associada às práticas selvagens e incivilizadas, como o canibalismo e a imposição violenta ocidental dos povos europeus sobre os ameríndios (WARNES, 2008). No passado, o churrasco permitia a criação de uma noção singular que induzia a separação de povos em relação à classe social e às divisões religiosas (NEUHAUS, 2003; WARNES, 2008; LEGRECO, 2011). De forma análoga, pode-se relacionar os aspectos fundamentados pelos autores a alguns fatos atuais. Comumente, o carvão vegetal é ligado a problemas socioambientais (poluição e trabalho informal, por exemplo), principalmente no atendimento ao setor doméstico, já que a produção para o uso siderúrgico envolve grandes unidades produtivas, com modernos parques produtivos e desenvolvimento industrial. Além disso, o consumidor, na maioria das vezes, desconhece e não considera os aspectos de qualidade que poderiam contribuir com a valorização da cadeia produtiva (KHALESSI et al., 2008; DIAS JÚNIOR et al., 2015).

Estima-se que, aproximadamente, três bilhões de pessoas utilizam-se a biomassa para preparar alimentos em todo o mundo, sobretudo, o carvão vegetal (IEA, 2014; LASK et al., 2015), principalmente, em países em desenvolvimento. No ano de 2015, o Brasil produziu cerca de 6,6 milhões de toneladas de carvão vegetal dos quais, 12% foram direcionados para uso doméstico (BRASIL, 2016, IBÁ, 2016). Em São Paulo, Estado com a maior balança comercial do país, o Sindicato de Carvão e Lenha (SINCAL/SP) aponta que a produção média de carvão é de, aproximadamente, 20 mil t ano⁻¹, para uma demanda que atinge 22 mil t ano⁻¹, sendo o restante suprido pela aquisição em outros Estados (COMUNICAÇÃO PESSOAL COM O SINCAL/SP).

Diante do exposto, não há dúvidas de que a valorização da cadeia produtiva do carvão passa diretamente pelos anseios do consumidor em relação à aquisição e consumo deste produto. Com o consumidor atentando-se aos quesitos de qualidade, é provável que haja uma diminuição de produtos de qualidade inferior, que promovem a imagem negativa da cadeia produtiva do carvão no cenário mundial. Além disso, os produtos (carvão) poderiam

ser disponibilizados a fim de atender a diversos perfis consumidores pelo aspecto qualitativo e financeiro.

Os sistemas de gestão pela qualidade possibilitam inovação e melhorias de processos, com o princípio fundamental da valorização do ser humano e o maior envolvimento deles em sistemas produtivos (MILAN et al., 2003; TRINDADE et al., 2007). O sucesso desses sistemas nas indústrias automobilísticas do Japão (CHAN; WU, 2002), possibilita acreditar que a aplicação desses conceitos na área florestal, especificamente na produção do carvão vegetal, possa contribuir para o desenvolvimento do setor. Neste sentido, uma questão importante do carvão para churrasco, relaciona-se à obtenção das suas características para o consumo. O método QFD – Função Desdobramento da Qualidade (do inglês, *Quality Function Deployment*), possibilita a definição das exigências dos consumidores, como suporte para definições do produto ainda durante a produção. Esse método é capaz de traduzir as necessidades dos consumidores em especificações técnicas de produtos e processos, assegurando que elas possam ser seguidas pelos sistemas operacionais (AKAO, 1996; SHEN et al., 2000; AGUIAR et al., 2017). O QFD é uma ferramenta que pode ser utilizada tanto na melhoria de produtos existentes, como na realização de correções de problemas detectados através de informações geradas pelos próprios consumidores (HASSAN et al., 2000; SHEN et al., 2000; DIAS JÚNIOR et al., 2015).

A hipótese considerada é a de que para atender a demanda dos consumidores de carvão vegetal para cocção é necessário definir as principais características do produto, desdobrando-as em atributos técnicos e incorporá-las ao sistema produtivo. Dessa forma, possivelmente, a comunicação entre consumidor e produtor resulte no levantamento das principais necessidades e, conseqüentemente, em um produto diferencial e de qualidade.

Considerando a importância em se obter as especificações para o atendimento de demandas domésticas, o objetivo deste capítulo foi levantar e definir as principais características do carvão vegetal utilizado para cocção de alimentos (“churrasco”).

5.2. Material e Métodos

5.2.1. Área de estudo e interação com o consumidor

As entrevistas foram realizadas mediante a aplicação de questionários próprios, direcionadas aos consumidores de estabelecimentos comerciais que distribuem o produto, proprietários e frequentadores de bares e churrascarias e consumidores diversos da cidade de Piracicaba, SP. Esta etapa compreendeu o segundo semestre do ano de 2016 e visou o

levantamento das características desejadas pelos consumidores, o grau de importância de cada item e análise de concorrência mediante a marca mais conhecida por eles. Os questionários foram elaborados a partir de uma abordagem técnico-qualitativa, com base em expressões simples, visando o aprofundamento no ponto de vista do consumidor de carvão (CHENG; MELO FILHO, 2007).

O questionário foi aplicado para 1.023 consumidores seguindo o critério de amostragem e representação apresentado por Souza (2015). Os mesmos foram construídos obedecendo a uma ordem lógica na elaboração das perguntas, cujo roteiro continha questionamentos mistos, abertos (respostas livres) e de livre escolha. As questões incluíam informações sobre as características do carvão vegetal desejado, matéria-prima, embalagens e problemas já observados pelos consumidores durante o seu uso no churrasco.

Após a avaliação dos questionários, as principais necessidades dos consumidores foram identificadas e discutidas com o apoio da então existente, à época, Comissão Especial de Carvão Vegetal (CECV/SP) lotada na Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo (CODEAGRO/SAA/SP). Essa comissão era composta por produtores, distribuidores, comerciantes, técnicos especialistas e interessados em assuntos relacionados à cadeia produtiva do carvão vegetal. Posteriormente, por meio da técnica de *brainstorming* (tempestade de ideias), foram desdobradas as principais qualidades exigidas para formação da matriz de qualidade.

5.2.2. Função desdobramento da qualidade (QFD)

A determinação do “meu produto” (A) foi feita com base no produto de marca comercial de carvão vegetal mais informada pelos consumidores durante as entrevistas (mais adiante coletado). Os produtos B e C (concorrentes), foram determinados em função da amostragem realizada em cinco categorias comerciais (rede de supermercados, supermercados independentes, casa de carnes, auto postos de combustíveis e uma denominada “outros” formada por padarias, quitandas, minimercados, etc.) na cidade de Piracicaba, SP. Essa amostragem é descrita e apresentada com detalhes no capítulo II desta tese.

Após a amostragem e análise da frequência observada de cada produto, utilizou-se o seguinte critério: o produto “B” foi o mais frequente dentre todos os produtos coletados nas duas fases do estudo (o que pode ser mais facilmente encontrado pelo consumidor); e o produto “C” foi denominado para um carvão vegetal “abstrato”, que atendesse as características referenciadas pela Resolução n°. 40 da SAA, Selo Carvão Premium (SÃO PAULO, 2015) e AFNOR (2005) - *Appareils, combustibles solides et allume-barbecue pour*

la cuisson au barbecue). Ambas as normas regulamentam as características mínimas necessárias para que o carvão possa ser utilizado na cocção de alimentos no Brasil e na Europa, respectivamente.

Para comparação e análises entre o “nosso produto” e os produtos concorrentes, os materiais foram analisados em laboratório segundo as suas propriedades físicas, químicas e mecânicas através dos ensaios dispostos na Tabela 14. Esses procedimentos são descritos e discutidos no capítulo III desta tese.

Tabela 14. Ensaios realizados para análise dos produtos.

Ensaio realizado	Unidade	Referência
Umidade	%	NBR 8112 (ABNT, 1986)
Poder calorífico superior	kcal kg ⁻¹	NBR 8633 (ABNT, 1984)
Densidade aparente	g cm ⁻³	NBR 11941 (ABNT, 2003)
Densidade a granel	kg m ⁻³	NBR 6922 (ABNT, 1981)
Teor de carbono fixo	%	ASTM D-1764 (ASTM, 1977)
Teor de materiais voláteis	%	
Teor de cinzas	%	
Índice de combustão	Adimensional	Quirino e Brito (1991); Dias Júnior et al. (2015b)
Friabilidade	%	NBR 8740 (ABNT, 1985)

A análise do QFD foi conduzida segundo as metodologias de Cheng e Melo Filho (2007) e das sugestões de Lucas Filho et al. (2010), Dias Júnior et al. (2015a) e Castro (2017), por terem sido aplicados no setor florestal e, nessa condição, condizentes com os objetivos desta pesquisa. Foram levantadas a qualidade exigida (descrição do produto na linguagem do consumidor), o desdobramento das características da qualidade do produto (descrições técnicas) e a construção do “telhado” (matriz de correlação) da casa para a construção da matriz da qualidade ou casa da qualidade, como ilustra a Figura 14.

Figura 14. Casa da qualidade. Fonte: Nagumo (2005).

As etapas para a condução do QFD foram: I) determinação da qualidade exigida (“O QUÊ”) pelos consumidores; II) verificação do grau de importância de cada “O QUÊ”; III) avaliação da qualidade exigida pelos clientes (qualidade planejada); IV) desdobramento das qualidades exigidas (“O QUÊ”) em requisitos técnicos (“COMO”); V) determinação da relação entre “O QUÊ” e “COMO”; e, VI) determinação da qualidade projetada pela equipe técnica e montagem da correlação ou telhado da casa. A distinção entre os requisitos implícitos e explícitos foi cuidadosamente diferenciada para que o modelo de Kano (atendimento das exigências com a satisfação do cliente, Figura 15) fosse atendido.

Figura 15. Modelo de Kano, que relaciona os requisitos do produto à satisfação do consumidor. Adaptado de Cheng e Melo Filho (2007).

O modelo de Kano tem como princípio que a qualidade implica em uma relação entre atributos objetivos e subjetivos (KANO, 1991). Dessa forma, os itens de qualidade exigidos de conteúdo similar ou afins foram organizados por afinidade (CHENG; MELO FILHO, 2007). Para a avaliação dos quesitos exigidos, foi estabelecido o grau de importância (GI) a cada item de qualidade avaliado pelo consumidor. Para cada item, o entrevistado atribuía um GI, sendo: (1) de nenhuma importância, (3) importante e, (5) muito importante.

O estabelecimento da qualidade planejada possibilitou, pela opinião dos consumidores, o direcionamento de melhorias para cada característica e/ou aspecto exigido. A análise da concorrência foi realizada através da avaliação do “nosso produto” (A) em relação aos concorrentes (B e C). Foram atribuídos valores (1, 3 e 5) referentes a cada item, com base no mesmo critério utilizado para a qualidade exigida.

O plano de melhorias foi elaborado com base no julgamento feito pela equipe (CECV/SP) para cada qualidade exigida, analisando o grau de importância e a avaliação

comparativa entre os produtos concorrentes. Assim, o índice de melhorias (IM) foi determinado através da divisão do plano de melhoria da avaliação feita pelos consumidores. Os valores foram de 1,0 para cada item que não possuía destaque no mercado e de 1,2 para aqueles com itens e/ou aspectos atrativos (CHENG; MELO FILHO, 2007).

O peso absoluto (PA) da qualidade exigida foi obtido em função do grau de importância (GI), do índice de melhoria (IM) e do argumento de venda (AV) de cada item da qualidade exigida (Equação 3). O peso relativo (PR) foi calculado em função do peso absoluto da qualidade exigida e somatório dos pesos absolutos (Equação 4).

$$PA = GI \times IM \times AV \quad (\text{Equação 3})$$

$$PR (\%) = \left(\frac{PA}{\sum PA} \right) \times 100 \quad (\text{Equação 4})$$

Em que: PA = peso absoluto da qualidade exigida; GI = grau de importância; IM = índice de melhoria; AV = argumento de venda; PR = peso relativo.

Para o desdobramento da qualidade exigida em requisitos técnicos, identificou-se as características das qualidades mensuráveis nos produtos com o intuito de avaliar o atendimento às exigências dos consumidores. Nesta etapa, utilizou-se a técnica de *brainwriting*, escrevendo cada item em uma ata. A partir do objetivo básico, definiram-se os meios mais relacionados a ele. Esses meios, basicamente, eram medidas mensuráveis ou controláveis. A definição dos meios gerais foi conduzida por meio das respostas às perguntas: “O QUE FAZER?” (resposta = objetivo); “COMO FAZER?” (a resposta será o meio para caminhar em direção ao objetivo). As perguntas foram feitas até que se esgotassem os meios possíveis.

Após a definição de todos os meios primários, a fase de avaliação foi feita pela adequação ao objetivo e de sua viabilidade. Sendo classificado como “viáveis” ou “inviáveis”. Os meios não adequados foram eliminados, mantendo-se apenas os meios viáveis. Para identificação do nível de inter-relação entre as características da qualidade com as qualidades exigidas a equipe adotou características com correlação forte, moderada e fraca, com pesos de 9, 3 e 1, respectivamente. A nota final foi dada após o consenso da equipe, preenchendo individualmente as correlações.

A qualidade projetada (requisitos técnicos dos produtos) integrou os pesos absolutos (PA) e relativos (PR), classificação dos requisitos técnicos, avaliação das especificações e objetivos técnicos relacionados à qualidade do carvão vegetal para churrasco. As especificações técnicas foram obtidas juntamente com a equipe, estabelecendo tecnicamente as características de cada requisito, comparando-o com os da concorrência. Posteriormente, as

especificações foram organizadas por afinidades, sendo validadas pelo atendimento das questões frente ao desempenho, pelas quais se definiu os seguintes aspectos: ($\uparrow$) = quanto maior melhor; ($\downarrow$) = quanto menor melhor; ($\uparrow\downarrow$) = possui um intervalo específico; e, ($\circ$) = não importa a variação do valor (Adaptado de GOVERS, 1996).

A matriz de correlação (telhado da casa de qualidade) foi elaborada através das correlações estabelecidas entre os requisitos técnicos, com intuito de futuramente definir as prioridades de cada item. Essas correlações tiveram pesos atribuídos de: (++) = positiva forte; (+) = positiva fraca; (-) = negativa fraca; e, (- -) = negativa forte.

5.2.3. Causas e efeitos associados à qualidade do carvão vegetal

A ferramenta do diagrama de causa e efeito ou de Ishikawa (“espinha de peixe”) foi utilizada para o levantamento dos principais fatores que contribuem para a qualidade do carvão vegetal da sua produção até a disponibilização ao consumidor. Tais fatores foram identificados a partir de discussões de *brainstorming* com a equipe após a análise dos questionários aplicados, estudos de relatórios, livros e artigos científicos relativos à qualidade do carvão vegetal para uso em churrasco. O intuito foi o de identificar os fatores que podem estar associados as principais necessidades dos consumidores em torno do produto (carvão) utilizado para o “churrasco”. Segundo Rocha (2016), este tipo de diagrama fornece uma visão geral das diversas variáveis capazes de influenciar um atributo, sendo útil na identificação de problemas ou de oportunidades de melhoria do sistema.

5.2.4. Análise dos dados

Os dados levantados foram avaliados por meio da estatística descritiva, observando-se as porcentagens para os principais fatores de qualidade, da interpretação da matriz de qualidade construída e das relações por ela obtidas.

5.3. Resultados e Discussão

A Tabela 15 apresenta a conversão das principais necessidades dos consumidores em qualidades exigidas (“voz do cliente”) do carvão vegetal, obtidas pela análise dos questionários e desdobramentos feitos com o auxílio da equipe.

Os itens sugeridos pelos consumidores através das respostas dos questionários traduziram-se na qualidade exigida e na determinação do grau de importância para eles. Foram identificados 26 itens (“O QUÊs”) agrupados em 10 grupos. Observa-se que os consumidores sugeriram aspectos relacionados ao manuseio, utilização, propriedades do

carvão e características das embalagens dos produtos. O grau de importância demonstrou que o carvão deve apresentar facilidade de ignição, rápida formação de brasas, baixa umidade, rápido cozimento, geração de elevadas temperaturas, possuir na embalagem peças superiores a 10 cm e com poucos finos. Esses itens receberam nota 5 de avaliação (muito importante).

Tabela 15. Conversão das necessidades dos consumidores em qualidades exigidas.

Nível Primário	Nível Secundário	GI	Meu Produto (A)	Produto B	Produto C	Plano	IM	AV	PA (%)	PR (%)
Ser de fácil acendimento (1)	Facilidade de ignição (1.1)	5	3	5	5	5	1,67	1,20	10,00	7,87
	Rápida formação de brasas (1.2)	5	3	5	5	5	1,67	1,20	10,00	7,87
	Baixa umidade (1.3)	5	5	3	5	5	1,00	1,00	5,00	3,93
	Acendedor combustível (1.4)	1	5	3	1	5	1,00	1,00	1,00	0,79
Facilidade de apagar (2)	Baixa reatividade (reação com CO ₂) (2.1)	1	1	1	1	1	1,00	1,00	1,00	0,79
Bom desempenho na combustão (3)	Preparar mais alimento/massa de carvão (3.1)	5	5	5	5	5	1,00	1,20	6,00	4,72
	Poucas realimentações de carvão (3.2)	3	5	3	5	5	1,00	1,20	3,60	2,83
	Rápida preparação dos alimentos (3.3)	5	3	3	5	5	1,67	1,20	10,00	7,87
	Fornecimento de elevada temperatura (3.4)	5	5	3	5	5	1,00	1,20	6,00	4,72
Ausência de pó (finos de carvão) (4)	Alta resistência mecânica (4.1)	3	5	3	5	5	1,00	1,00	3,00	2,36
	Baixa friabilidade (4.2)	3	5	3	5	5	1,00	1,00	3,00	2,36
	Peças de carvão superior a 10 cm (4.3)	5	5	5	5	5	1,00	1,20	6,00	4,72
	Embalagem resistente (4.4)	3	5	5	5	5	1,00	1,20	3,60	2,83
Ausência de chamas na combustão (5)	Chamas inferiores a 3 cm (5.1)	3	3	3	5	5	1,67	1,00	5,00	3,93
Ausência de fumaça na combustão (6)	Pouca ou nenhuma emissão de voláteis (6.1)	3	3	3	5	5	1,67	1,00	5,00	3,93
	Aumento na carga (aeração) (6.2)	3	5	5	3	5	1,00	1,00	3,00	2,36
	Poucos finos de carvão (6.3)	5	5	3	3	5	1,00	1,20	6,00	4,72
Proporcionar sabor aos alimentos (7)	Ausência de atíços (7.1)	1	5	3	5	5	1,00	1,00	1,00	0,79
Bom preço de aquisição (8)	Preço acessível (barato) (8.1)	5	3	3	3	5	1,67	1,20	10,00	7,87
Facilidade de transporte (9)	Embalagem com alça (9.1)	3	5	3	5	5	1,00	1,20	3,60	2,83
	Embalagem com boas dimensões (9.2)	3	5	5	3	5	1,00	1,00	3,00	2,36
	Leveza (9.3)	1	3	5	3	5	1,67	1,00	1,67	1,31
Embalagem diferencial (10)	Proteção ao carvão vegetal (10.1)	1	5	5	5	5	1,00	1,00	1,00	0,79
	Resistente ao rasgo e à água (10.2)	1	3	3	5	5	1,67	1,00	1,67	1,31
	Facilidade de abertura (10.3)	3	1	1	5	3	3,00	1,00	9,00	7,08
	Presença de receitas de alimentos (10.4)	3	1	1	5	3	3,00	1,00	9,00	7,08

Em que: GI = grau de importância (5: muito importante, 3: importante e 1: nenhuma importância); IM = índice de melhorias; AV = argumento de venda; PA = peso absoluto; PR = peso relativo. Produto B e Produto C = concorrentes.

A Figura 16 apresenta de forma sistematizada os pesos absolutos e pesos relativos, ordenados para todos os itens levantados.

Figura 16. Itens da qualidade com os respectivos pesos absolutos e relativos.

Observa-se na Tabela 15 que as principais necessidades levantadas foram: facilidade de ignição, rápida formação de brasas, rápida preparação de alimentos e preço acessível (7,87%). Em seguida, com 7,08%, aparecem necessidades relativas às embalagens dos produtos como facilidade de abertura e receitas de alimentos nas embalagens (assim como observadas nas embalagens de alimentos). É importante mencionar que as necessidades com o menor peso relativo (0,79%), dentre todas as levantadas, foram aquelas relativas à presença de acendedor combustível para auxiliar na ignição, baixa reatividade do carvão vegetal (reação com o ar), ausência de “atiços” (madeira mal carbonizada) e a uma embalagem que proteja bem o produto contra as condições ambientais.

Os resultados da análise comparativa (Figura 17) com os produtos concorrentes mostram que, de forma geral, o “nosso produto” (A = mais informado pelos consumidores) foi superior ao produto B (o mais disponível ao consumidor). Entretanto, nota-se um empate técnico com o produto C (produto fictício com características de qualidade brasileira e europeia).

Figura 17. Avaliação comparativa das exigências de qualidade.

Dessa forma, se o intuito fosse a expansão do mercado de venda, o “nosso produto” (A) precisaria de adequações para melhores inserções. A matriz ou casa da qualidade apresentada no [Apêndice A](#) representa a sistematização do planejamento de produção do carvão vegetal sugerido para churrasco com base na metodologia QFD.

A partir do desdobramento da qualidade exigida (Etapa 1 da matriz), a equipe definiu os requisitos de qualidade que podem atender as demandas dos consumidores de carvão vegetal para churrasco. Os 26 itens foram estabelecidos com base em fatores mensuráveis. Assim, as relações entre a qualidade exigida e os requisitos técnicos indicam o grau de dependência entre elas (Etapa 3). É possível identificar fortes correlações entre diversos itens, como, por exemplo: facilidade de ignição e umidade, rápida formação de brasas e teor de carbono fixo, facilidade de quebrar e friabilidade, tamanho das peças de carvão e tipo de embalagem, entre outras.

Os indicadores para a qualidade projetada (*Benchmarking* do produto, Etapa 4) foram classificados segundo o peso relativo de cada característica da qualidade, evidenciando aqueles que merecem destaque. Em ordem crescente obteve-se: teor de cinzas, densidade verdadeira, porosidade, carvão que não fosse da madeira de eucalipto, carvão de madeira de eucalipto, friabilidade e massa do produto, taxa de degradação, densidade à granel, poder calorífico, índice de combustão e dimensões das peças de carvão, teor de materiais voláteis, umidade, densidade aparente, reatividade, teor de carbono fixo e tipo de embalagem.

Essa classificação mostra que o tipo da madeira e a condução do processo de carbonização para diminuição do teor de cinzas, friabilidade, aumento do poder calorífico e índice de combustão do carvão vegetal devem ser verificados. Esses aspectos foram

mencionados pela equipe com base na viabilidade econômica em modificar a qualidade do produto sem onerar significativamente o processo produtivo.

O telhado da casa ou matriz de correlação (Etapa 5) apresentou relações para os diversos indicadores de qualidade. Dentre eles, pode-se destacar correlações positivas fortes entre a densidade aparente e densidade à granel e as obtidas entre o teor de carbono fixo e poder calorífico. Como relações negativas fracas, podem-se mencionar as observadas entre o teor de cinzas e poder calorífico e entre a umidade e friabilidade do carvão vegetal. Estes resultados merecem destaque perante as possíveis modificações e/ou adaptações no processo produtivo visando a redução de falhas e baixa qualidade do produto final.

O processo de produção de carvão vegetal está relacionado a diversos fatores determinados pelo diagrama 6M de causa e efeito de Ishikawa. Foram analisados os fatores determinantes nos problemas na qualidade do carvão vegetal para churrasco. De acordo com a Figura 18 os fatores relacionados à matéria-prima (madeira), “mão-de-obra” (força de trabalho) e metodologia (carbonização) são os que mais interferem no processo.

Figura 18. Fatores contribuintes para problemas na qualidade do carvão vegetal utilizado para churrasco.

A madeira (material) é o elemento praticamente definidor da qualidade do carvão vegetal. Apesar de o material genético *Eucalyptus* spp ser a espécie mais recomendada, as suas propriedades físico-químicas direcionam a sua forma de transformação em carvão vegetal. Além disso, a umidade e a dimensão da lenha enfiada (diâmetro e comprimento)

estão relacionadas à sua acomodação no forno e às temperaturas de carbonização do processo. Em relação ao material, as embalagens protegem o carvão (produto final) contra umidade e no decorrer de manuseios e transporte, evitando a sua quebra e geração de finos.

A metodologia é outro ponto limitante. A condução da carbonização (tempo, controle de temperatura, ignição, etc.), a decisão de quando encerrar o processo (abrir o forno), peneirar, empacotar e transportar, contribuem decisivamente para a qualidade do produto. O carvão, sendo um material higroscópico e friável, pode sofrer o efeito dessas etapas de produção (DIAS JÚNIOR et al., 2016).

Sempre que forem identificados problemas ou oportunidades, deve-se planejar e executar ações para que o sistema seja reavaliado verificando o impacto das mudanças realizadas buscando a melhoria (ROCHA, 2016). Esse modelo de ciclo é denominado na gestão pela qualidade de ciclo PDCA (*Plan, Do, Check e Action* = planejar, executar, checar e agir e corrigir) ou simplesmente ciclo Deming.

O carvão que atende as demandas domésticas geralmente tem a sua origem de produção, na própria região de distribuição, sendo a base de pequenos e médios produtores que utilizam fornos de alvenaria praticamente artesanais (MEIRA et al., 2005). Diante disso, praticamente todo o processo é balizado por tomadas de decisão do carbonizador. Assim, a sua capacitação, habilidade, treinamento, remuneração, satisfação e motivação podem contribuir para a qualidade final do produto. Frente a esses e a outros fatores apontados pelo diagrama, ações devem ser conduzidas visando a tomada de decisão para a melhoria do processo produtivo e, conseqüentemente, da qualidade do carvão vegetal disponibilizado aos consumidores.

5.4. Conclusões

A qualidade exigida para o carvão vegetal visando a cocção foi elencada em: facilidade de ignição, rápida formação de brasas, rápido preparo de alimentos e preço acessível.

As características da qualidade com melhor classificação foram o teor de materiais voláteis, umidade, densidade aparente, reatividade, teor de carbono fixo e tipo de embalagem.

Em termos numéricos, os fatores relacionados à matéria-prima (madeira), mão-de-obra e metodologia (carbonização) foram apontados pelo diagrama de causa e efeito como os mais decisivos na qualidade do carvão vegetal para churrasco.

Sugerem-se estudos futuros que contemplem a incorporação dos resultados obtidos na produção do carvão vegetal e a respectiva análise dos consumidores.

Referências

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6922**: carvão vegetal - ensaios físicos determinação da massa específica (densidade à granel). Rio de Janeiro: ABNT, 1981. 2p.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8633**: carvão vegetal - determinação do poder calorífico. Rio de Janeiro: ABNT, 1984. 13p.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 8740**: Carvão vegetal – determinação do índice de quebra e abrsão. Rio de Janeiro: ABNT, 1985. 4p.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9165**: Determinação da densidade relativa aparente, relativa verdadeira e porosidade. Rio de Janeiro: ABNT, 1985. 8p.
- AGUIAR, J.; OLIVEIRA, L.; SILVA, J. O.; BOND, D.; SCALICE, R. K.; BECKER, D. A design tool to diagnose product recyclability during product design phase. **Journal of Cleaner Production**, v. 141, p. 219-229, 2017.
- AKAO, Y. **Introdução ao desdobramento da qualidade**. Série Manual de Aplicação do Desdobramento da Função Qualidade. Fundação Christiano Ottoni, Belo Horizonte, v. 1, 1996. 187p.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D-1764**: Standard method for chemical analyses of wood charcoal. Phyladelphia, 1977.
- ASSOCIATION FRANÇAISE DE NORMALISATION (AFNOR). **NF EM 1860-2**: Appareils, combustibles solides et allume-barbecue pour la cuisson au barbecue. Saint Denis, Paris: 2005. 29p.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balanco Energético Nacional – BEN**. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2016. EPE, 62p. Disponível em: https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2016.pdf. Acessado em: 19 de nov. 2016.
- CASTRO, D. C. V. **Planejamento da qualidade dos processos silviculturais na cultura de eucalipto no Brasil**. Tese de doutorado em Recursos Florestais, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP. 2017. 122f.
- CHAN, L. K.; WU, M. L. Quality function deployment: A literature review. **European Journal of Operational Research**, v. 143, p. 463–497, 2002.
- CHENG, L. C.; MELO FILHO, L. D. R. **QFD - Desdobramento da Função Qualidade na gestão de Desenvolvimento de Produtos**. São Paulo: Blucher, 2007.
- DIAS JÚNIOR, A. F.; BRITO, J. O.; ANDRADE, C. R. Granulometric influence on the combustion of charcoal for barbecue. **Revista Árvore**, v. 39, n. 6, 2015a.

DIAS JÚNIOR, A. F.; ANDRADE, C. R.; BRITO, J. O.; MILAN, M. Desdobramento da função qualidade na avaliação da qualidade do carvão vegetal utilizado para cocção de alimentos. **Floresta & Ambiente**, v. 22, n. 2, 2015b.

DIAS JÚNIOR, A. F.; PIROLA, L. P.; TAKESHITA, S.; LANA, A. Q.; BRITO, J. O.; ANDRADE, A. M. Higrscopicity of charcoal produced in different temperatures. **Cerne**, v. 22, n. 4, 2016.

GOVERS, C. What and how about quality function deployment (QFD). **International Journal of Production Economics**, v. 46, p. 575-585, 1996.

HASSAN, A.; BAKSH, M. S. N.; SHAHAROUN, A. M. Issues in quality engineering research. **International Journal of Quality and Reliability Management**, v. 17, n. 8, p. 858-875, 2000.

IBÁ - **Indústria Brasileira de Árvores**. Relatório Anual IBÁ. Disponível em: http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2016_.pdf. Acesso em 22 jun. 2017.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). International Energy Agency (IEA). **World energy outlook 2004: energy and development**. IEA Publications, Paris, 2004.

KANO, N. **A qualidade atrativa e a obrigatória**. Tokyo: AOTS, 1991.

KHALESSI, A.; MAITZ, P.; HAERTSCH, P.; KENNEDY, P. Adult burn injuries due to domestic barbeques in New South Wales. **Burns**, v. 34, p. 1002-1005, 2008.

LASK, K.; BOOKER, K.; HAN, T.; GRANDERSON, J.; YANG, N.; CEBALLOS, C.; GADGIL, A. Performance comparison of charcoal cookstoves for Haiti: Laboratory testing with water boiling and controlled cooking tests. **Energy for Sustainable Development**, v. 26, p. 79-86, 2015.

LUCAS FILHO, F. C.; PIO, N. S.; FERREIRA, D. R. Método QFD como ferramenta para desenvolvimento conceitual de produtos de madeiras da Amazônia. **Acta Amazônica**, v. 40, n. 4, p. 675-686, 2010.

LEGRECO, M. **Mama thinks I'm feeding you: using food rules to restructure school meal programs**. J. M. Cramer, C.P. Greene, L.M. Walters (Eds.), Food as communication/communication as food, Peter Lang, New York, 2011. 380p.

MEIRA, A. M.; BRITO, J. O.; RODRIGUEZ, L. C. E. Estudo de aspectos técnicos, econômicos e sociais da produção de carvão vegetal no município de Pedra Bela, São Paulo, Brasil. **Revista Árvore**, v. 29, n.5, p. 809-817, 2005.

MILAN, M.; BARROS, J. W. D.; GAVA, J. L. Planning soil tillage using quality function deployment (QFD). **Scientia Agricola**, v. 60, n. 2, p. 217-221, 2003.

NAGUMO, G. K. **Desdobramento da função de qualidade (QFD) aplicado à produção de mudas de café (*Coffea arabica* L.)** Dissertação de mestrado em Agronomia, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP. 2005. 61f.

NEUHAUS, J. **Manly meals and mom's home cooking: cookbooks and gender in modern America**. Johns Hopkins University Press, Baltimore, 2003.

ROCHA, H. S. **Controle estatístico de qualidade aplicado a ensaios de materiais de irrigação**. Tese de Doutorado em Engenharia de Sistemas Agrícolas, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP. 2016. 88f.

SÃO PAULO. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Resolução nº 10 SAA, de 11 de julho de 2003. **Diário Oficial do Poder Executivo**, São Paulo, SP (2003 jul).

SHEN, X. X.; TAN, K. C.; XIE, M. An integrated approach to innovative product development using Kanos model and QFD. **European Journal of Innovation Management**, v. 3, n. 2, p. 91–99, 2000.

SOUZA, N. D. **Avaliação do panorama do setor moveleiro da região metropolitana do Rio de Janeiro, com ênfase nas certificações florestal e de qualidade**. Tese de Doutorado em Ciências Ambientais e Florestais, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 2015. 123p.

TRINDADE, C.; REZENDE, J. L. P.; JACOVINE, L. A. G.; SARTÓRIO, M. L. **Ferramentas da qualidade: aplicação na atividade florestal**. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, 2007. 159p.

WARNES, A. **Savage barbecue: race, culture and the invention of america's first food**. Georgia, United Stats: British Library, Geórgia, 2008. 201p.

6. CONCLUSÕES GERAIS

No capítulo 2, detectou-se que existe uma diversidade de produtos de marcas de carvão vegetal, comercializado em diferentes categorias comerciais, com variados preços e oscilação da disponibilidade entre as épocas de amostragem.

No capítulo 3, foi observada a elevada variabilidade entre as características físicas, químicas e mecânicas dos produtos em função das marcas, categorias comerciais e fases das coletas realizadas.

No capítulo 4, o estudo detectou a presença de compostos nocivos (hidrocarbonetos policíclos aromáticos, HPAs). Apesar de que não foi possível a quantificação, estavam presentes no carvão vegetal distribuído para churrasco.

No capítulo 5, foi demonstrado que a interação com o consumidor possibilitou o levantamento das necessidades para as características do carvão vegetal a ser utilizado para churrasco.

De forma geral, o autor conclui que os resultados direcionam para a valorização do carvão vegetal para churrasco objetivando o fornecimento de produtos padronizados, de qualidade compatível e com características que atendam aos diversos tipos de consumidores.

ANEXOS

ANEXO A. Informações levantadas nas embalagens de carvão vegetal comercializado no município de Piracicaba-SP.

Marca	Tipo de Embalagem	Alça	Acendedor	Lote	Registro em órgão ambiental			Informa origem da madeira
					CETESB	IBAMA	IEF	
R1	PP/PP	S/S	N/N	N/N	N/N	S/N	N/S	S/S
R2	PP/PP	N/N	N/N	N/N	N/N	S/S	N/N	S/S
R3	PP/PP	N/N	N/N	S/S	N/N	S/S	S/S	S/S
R4	PP/PP	S/S	N/N	N/N	N/N	N/N	S/S	S/S
R5	PP/PP	N/N	N/N	N/N	N/N	S/S	S/S	S/S
R6	P/P	S/S	N/N	N/N	N/N	S/S	N/N	N/S
R7	P/P	S/S	N/N	N/N	S/S	N/N	N/N	N/N
R8	PP/PP	S/S	S/N	S/S	S/S	S/S	N/N	S/S
R9	P/-	S/-	N/-	N/-	N/-	S/-	N/-	N/-
R10	P/P	S/S	S/S	N/N	N/S	N/N	N/N	N/N
I10	P/P	S/S	S/S	N/N	N/S	S/N	N/N	S/N
I11	PP/PP	N/N	N/N	N/N	N/N	S/S	N/N	S/-
I12	PP/PP	S/S	N/N	S/S	N/N	N/N	S/S	N/S
I13	PP/PP	S/S	S/S	S/S	N/N	S/N	N/N	S/N
I14	PP/PP	N/N	N/N	S/S	N/N	S/S	N/N	S/S
I15	P/-	N/-	N/-	N/-	N/-	N/-	N/-	S/-
I16	P/P	N/N	N/N	N/N	N/N	S/S	N/N	S/S
I17	PP/PP	S/S	N/N	N/N	N/N	S/S	N/N	S/S
C13	PP/PP	S/S	N/S	S/S	N/N	S/N	N/N	S/N
C16	P/P	N/N	N/N	N/N	N/N	S/S	N/N	S/S
C18	PP/-	S/-	N/-	N/-	S/-	S/-	N/-	S/-
A13	PP/PP	N/N	N/N	S/S	N/N	S/S	N/N	S/S
A16	P/P	N/N	N/N	N/N	N/N	S/S	N/N	S/S
O6	P/P	S/S	N/N	N/N	N/N	S/S	N/N	N/S
O7	P/P	S/S	N/N	N/N	S/S	N/N	N/N	N/N
O11	PP/PP	N/N	N/N	N/N	N/N	S/S	N/N	S/-
O12	PP/PP	S/S	N/N	S/S	N/N	N/N	S/S	N/S
O15	P/-	N/-	N/-	N/-	N/-	N/-	N/-	S/-
O16	P/P	N/N	N/N	N/N	N/N	S/S	N/N	S/S
O19	P/-	N/-	S/-	N/-	N/-	S/-	N/-	N/-
O20	P/-	N/-	N/-	N/-	N/-	S/-	N/-	S/-

Em que: R = rede de supermercados; I = supermercados independentes; C = casa de carnes; A = auto postos de combustíveis; O = outros estabelecimentos; P = papel simples; PP = papel duplo; S = sim; N = não. Legendas separadas por barra correspondem aos itens e informações levantadas durante a primeira e segunda etapa de amostragem do carvão vegetal.

ANEXO B. Informações levantadas nas embalagens de carvão vegetal comercializado no município de Piracicaba, SP. (continuação).

Marca	Combustão espontânea	Selo de procedência	Alteração de peso	Instruções				
				Uso	Conservação	Precauções	Validade	Receitas
R1	N/N	S/S	S/S	N/N	N/N	N/S	N/N	N/N
R2	N/S	N/N	S/S	N/N	N/N	N/N	N/N	N/N
R3	N/N	N/N	S/N	S/S	S/S	N/S	N/S	N/N
R4	S/S	N/N	S/S	N/N	N/N	N/N	N/N	N/N
R5	N/N	S/N	S/N	S/S	S/S	S/S	S/S	S/S
R6	S/S	N/N	S/S	N/N	N/N	N/N	N/N	N/N
R7	N/N	N/N	S/S	N/N	N/N	N/N	N/N	N/N
R8	N/N	S/S	S/S	S/S	S/S	S/S	S/S	S/S
R9	N/-	N/-	N/-	N/-	N/-	N/-	N/-	S/-
R10	N/N	N/N	S/S	N/N	N/N	N/N	N/N	N/N
I10	N/N	N/N	S/S	N/N	N/N	N/N	N/N	N/N
I11	S/S	N/N	S/S	N/N	N/N	N/N	N/N	N/N
I12	N/N	S/N	N/S	N/N	N/N	N/N	N/N	N/N
I13	N/S	N/N	S/N	N/N	N/N	N/N	N/N	N/N
I14	N/N	N/N	S/S	N/N	N/N	N/N	N/N	N/N
I15	N/-	N/-	S/-	N/-	N/-	N/-	N/-	N/-
I16	N/S	N/N	S/S	S/N	N/N	N/N	N/N	N/N
I17	N/S	N/N	N/S	N/N	N/N	N/N	N/N	N/N
C13	N/S	N/N	S/N	N/N	N/N	N/N	N/N	N/N
C16	N/S	N/N	S/S	N/N	N/N	N/N	N/N	N/N
C18	N/-	N/-	S/-	N/-	N/-	N/-	N/-	N/-
A13	N/S	N/N	S/S	N/N	N/N	N/N	N/N	N/N
A16	N/S	N/N	S/S	N/N	N/N	N/N	N/N	N/N
O6	S/S	N/N	S/S	N/N	N/N	N/N	N/N	N/N
O7	N/N	N/N	S/S	N/N	N/N	N/N	N/N	N/N
O11	S/S	N/N	N/S	N/N	N/N	N/N	N/N	N/N
O12	N/N	S/N	S/S	N/N	N/N	N/N	N/N	N/N
O15	N/-	N/-	S/-	S/-	N/-	N/-	N/-	N/-
O16	N/S	N/N	S/S	N/N	N/N	N/N	N/N	N/N
O19	N/-	N/-	N/-	N/-	N/-	N/-	N/-	N/-
O20	S/-	N/-	S/-	N/-	N/-	N/-	N/-	N/-

Em que: R = rede de supermercados; I = supermercados independentes; C = casa de carnes; A = auto postos de combustíveis; O = outros estabelecimentos; P = papel simples; PP = papel duplo; S = sim; N = não. Legendas separadas por barra correspondem aos itens e informações levantadas durante a primeira e segunda etapa de amostragem do carvão vegetal.

ANEXO C. Autovetores das cinco primeiras componentes principais relativos à Figura 5 (Fase II).

Variável	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4	CP 5
Papel duplo	0,198	-0,009	0,494	0,238	0,141
Alça	0,004	0,521	-0,064	0,119	0,166
Acendedor	0,088	0,129	-0,282	0,428	0,131
Lote	0,169	0,112	0,413	0,295	0,296
RG CETESB	0,110	0,250	-0,322	-0,026	0,455
RG IBAMA	0,060	-0,425	-0,073	0,376	-0,143
RG IEF	0,199	0,195	0,450	-0,320	-0,174
Informa origem da madeira	0,092	-0,523	0,148	0,098	0,248
Rótulo de combustão espontânea	-0,108	-0,040	-0,009	-0,437	-0,125
Selo de procedência	0,313	0,256	0,190	-0,024	-0,096
Informa alteração de peso	0,040	-0,171	-0,054	-0,390	0,642
Inst. de uso	0,319	-0,191	-0,061	-0,216	0,024
Inst. de conservação	0,409	-0,092	-0,012	-0,092	0,006
Inst. de precauções	0,424	-0,022	-0,183	-0,042	-0,043
Prazo de validade	0,424	-0,022	-0,183	-0,042	-0,043
Receitas de alimentos	0,348	0,046	-0,243	0,051	-0,296
Autovalor	4,84	2,27	1,92	1,43	1,28
Variância explicada (%)	30,25	14,20	12,04	8,91	7,97
Variância explicada acumulada (%)	30,25	44,45	56,48	65,39	73,36

Em que: CP = Componente principal.

ANEXO D. Autovetores das cinco primeiras componentes principais relativos à Figura 6 (Fase II).

Variável	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4	CP 5
Papel duplo	0,176	0,057	-0,364	0,359	0,343
Alça	-0,039	0,392	0,068	0,372	0,062
Acendedor	-0,110	0,469	-0,218	-0,174	0,026
Lote	0,130	0,120	-0,407	0,199	0,442
RG CETESB	0,031	0,414	0,422	-0,117	0,152
RG IBAMA	0,194	-0,264	0,007	-0,098	0,505
RG IEF	0,207	-0,058	-0,170	0,458	-0,518
Informa origem da madeira	0,129	-0,509	0,085	0,192	0,045
Rótulo de combustão espontânea	-0,220	-0,257	-0,163	-0,262	0,073
Selo de procedência	0,200	0,098	0,332	0,321	0,119
Informa alteração de peso	-0,181	-0,158	0,511	0,267	0,231
Inst. de uso	0,395	0,020	0,005	-0,197	-0,033
Inst. de conservação	0,395	0,020	0,005	-0,197	-0,033
Inst. de precauções	0,377	0,030	0,089	0,068	-0,210
Prazo de validade	0,395	0,020	0,005	-0,197	-0,033
Receitas de alimentos	0,330	0,052	0,171	-0,169	0,118
Autovalor	5,86	3,04	1,93	1,63	0,95
Variância explicada (%)	36,65	18,97	12,07	10,22	5,91
Variância explicada acumulada (%)	36,65	55,62	67,69	77,90	83,81

Em que: CP = Componente principal.

ANEXO E. Variância explicada e autovalores obtidos por meio da matriz de correlação (Fase I).

ANEXO F. Autovetores das três primeiras componentes principais (Fase I).

Variável	Componente I	Componente II	Componente III
Umidade (%)	0,101	0,273	-0,474
Friabilidade (%)	0,242	-0,042	-0,276
Densidade aparente (g cm ⁻³)	0,136	-0,368	-0,107
Densidade à granel (kg m ⁻³)	0,274	-0,344	-0,250
Densidade verdadeira (g cm ⁻³)	-0,048	0,241	-0,052
Porosidade (%)	-0,131	0,421	0,041
Teor de materiais voláteis (%)	-0,356	-0,284	-0,177
Teor de cinzas (%)	-0,258	0,277	0,015
Teor de carbono fixo (%)	0,391	0,244	0,174
Poder calorífico superior (kcal kg ⁻¹)	0,410	-0,029	0,260
Poder calorífico útil (kcal kg ⁻¹)	0,209	-0,222	0,537
Índice de combustão	-0,175	-0,256	0,104
Temperatura máxima (°C)	-0,279	-0,127	0,162
Temperatura final (°C)	0,144	0,287	0,240
Taxa de degradação (g min ⁻¹)	-0,357	-0,014	0,324

ANEXO G. Variância explicada e autovalores obtidos por meio da matriz de correlação (Fase II).

ANEXO H. Autovetores das três primeiras componentes principais (Fase II).

Variável	Componente I	Componente II	Componente III
Umidade (%)	-0,175	-0,127	-0,351
Friabilidade (%)	-0,050	-0,363	0,056
Densidade aparente (g cm ⁻³)	-0,236	-0,345	0,340
Densidade à granel (kg m ⁻³)	-0,013	-0,434	0,255
Densidade verdadeira (g cm ⁻³)	0,012	-0,070	-0,208
Porosidade (%)	0,219	0,306	-0,418
Teor de materiais voláteis (%)	0,427	-0,128	0,115
Teor de cinzas (%)	0,024	-0,239	-0,172
Teor de carbono fixo (%)	-0,430	0,152	-0,097
Poder calorífico superior (kcal kg ⁻¹)	-0,301	0,302	0,274
Poder calorífico útil (kcal kg ⁻¹)	-0,081	0,303	0,447
Índice de combustão	0,274	0,136	0,250
Temperatura máxima (°C)	0,277	0,156	0,290
Temperatura final (°C)	-0,269	0,321	0,019
Taxa de degradação (g min ⁻¹)	0,412	0,129	0,019

Etapa VI