

Classificação de méis do Rio Grande do Sul (Brasil) pela análise multivariada de dados com base nas propriedades físicas e composição química**Classification of honey from Rio Grande do Sul (Brazil) by multivariate analysis of data based on physical properties and chemical composition**

DOI:10.34117/bjdv6n8-231

Recebimento dos originais:08/07/2020

Aceitação para publicação:14/08/2020

Fernanda Moreira Oliveira

Mestra em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal de Pelotas
Instituição: Universidade Federal de Pelotas, Departamento de Ciência e Tecnologia
Agroindustrial, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
Endereço: Campus Capão do Leão - Universidade Federal de Pelotas, s/n
CEP: 96010-900 - Caixa Postal 354 - Pelotas – RS, Brasil
E-mail: fer.moroli@gmail.com

Roberta Manica-Berto

Doutora em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas
Instituição: Universidade Federal de Pelotas, Departamento de Fitotecnia, Faculdade de
Agronomia Eliseu Maciel
Endereço: Campus Capão do Leão - Universidade Federal de Pelotas, s/n
CEP: 96010-900 - Caixa Postal 354 - Pelotas – RS, Brasil
E-mail: robertamanica@yahoo.com.br

Raquel Moreira Oliveira

Discente em Química de Alimentos pela Universidade Federal de Pelotas
Instituição: Universidade Federal de Pelotas, Centro de Ciências Químicas, Farmacêuticas e de
Alimentos.
Endereço: Campus Capão do Leão - Universidade Federal de Pelotas, s/n
CEP: 96010-900 - Caixa Postal 354 - Pelotas – RS, Brasil
E-mail: raquelmoroli@hotmail.com

Bruna da Fonseca Antunes

Mestra em Nutrição e Alimentos pela Universidade Federal de Pelotas
Instituição: Universidade Federal de Pelotas, Centro de Ciências Químicas, Farmacêuticas e de
Alimentos
Endereço: Campus Capão do Leão - Universidade Federal de Pelotas, s/n
CEP: 96010-900 - Caixa Postal 354 - Pelotas – RS, Brasil
E-mail: brunafonsecaantunes@gmail.com

Michele Maciel Crizel Cardozo

Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal de Pelotas
Instituição: Universidade Federal de Pelotas, Departamento de Ciência e Tecnologia
Agroindustrial, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
Endereço: Campus Capão do Leão - Universidade Federal de Pelotas, s/n
CEP: 96010-900 - Caixa Postal 354 - Pelotas – RS, Brasil
E-mail: mi.crizel@hotmail.com

Valeska Rodrigues Roque

Mestra em Engenharia pela Universidade Federal do Pampa
Instituição: Universidade Federal de Pelotas, Departamento de Ciência e Tecnologia
Agroindustrial, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
Endereço: Campus Capão do Leão - Universidade Federal de Pelotas, s/n
CEP: 96010-900 - Caixa Postal 354 - Pelotas – RS, Brasil
E-mail: lekaroque@gmail.com

Carla Rosane Barboza Mendonça

Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal de Pelotas
Instituição: Universidade Federal de Pelotas, Centro de Ciências Químicas, Farmacêuticas e de
Alimentos
Endereço: Campus Capão do Leão - Universidade Federal de Pelotas, s/n
CEP: 96010-900 - Caixa Postal 354 - Pelotas – RS, Brasil
E-mail: carlaufpel@hotmail.com

Rui Carlos Zambiasi

PhD em Food and Nutritional Science pela University of Manitoba
Instituição: Universidade Federal de Pelotas, Centro de Ciências Químicas, Farmacêuticas e de
Alimentos
Endereço: Campus Capão do Leão - Universidade Federal de Pelotas, s/n
CEP: 96010-900 - Caixa Postal 354 - Pelotas – RS, Brasil
E-mail: zambiasi@gmail.com

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar alguns parâmetros físico-químicos, com ênfase nos compostos bioativos, de méis do estado do Rio Grande do Sul (Brasil), utilizando o método multivariado, para classificar méis de acordo com a origem geográfica. Foram analisadas vinte e uma amostras de diferentes méis quanto ao teor de cinzas, pH, acidez total, umidade, sólidos solúveis totais, cor, condutividade elétrica e açúcares, através de metodologias oficiais; além das avaliações de compostos fenólicos, flavonoides, carotenoides e atividade antioxidante, por espectrofotometria. Para a maioria das amostras, os parâmetros físicos químicos determinados se apresentaram dentro dos padrões brasileiros e internacionais. O conteúdo de compostos fenólicos e de flavonoides das amostras avaliadas neste estudo reafirmam a qualidade em compostos bioativos dos méis. A análise de componentes principais permitiu agrupar amostras de acordo com sua origem geográfica, em dois grandes grupos, utilizando apenas seis parâmetros. Mesmo que a flora e as condições climáticas da zona geográfica estudada sejam semelhantes, este trabalho demonstra que é possível classificar com confiança o mel por origem geográfica, o que contribui para conhecimento da rastreabilidade físico química deste produto.

Palavras-chave: compostos bioativos, compostos fenólicos, ABTS, PCA.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate some physicochemical parameters, emphasizing bioactive compounds, of honeys from state of Rio Grande do Sul (Brazil) using multivariate method, in order to classify honeys according to the geographical origin. Twenty honey samples from different producers were analyzed by determination of ash, pH, total acidity, moisture, total soluble solids, color, conductivity and sugars, through official methodologies; in addition phenolic compounds, flavonoids, carotenoids and antioxidant activity evaluation, by spectrophotometry. For most of the

samples, the chemical parameters determined are in accordance with Brazilian and International legislation. The content of phenolic compounds and flavonoids of the samples in this study reaffirm the quality of the honeys in the bioactive compounds composition. The analysis of main components allowed to group samples according to their geographical origin, in two large groups, using only six parameters. Even though the flora and the climatic conditions of the geographical area studied are similar, this work demonstrates that it is possible to classify the honey by geographic origin with confidence, which contributes to the knowledge of the physical and chemical traceability of this product.

Keywords: bioactive compounds, phenolic compounds, ABTS, PCA.

1 INTRODUÇÃO

O mel é um alimento natural complexo, largamente produzido e consumido no mundo nos dias atuais. É um produto açucarado que é elaborado pelas abelhas para sua própria alimentação a partir do néctar de flores, das secreções das partes vivas das plantas ou das excreções de insetos sugadores de plantas contidos nas partes vivas das plantas. As abelhas coletam, transformam por combinação com substâncias específicas próprias e armazenam esses materiais nos favos para maturação (Codex Alimentarius Commission, 2001).

O mel é um alimento nutritivo, constituindo uma mistura complexa de carboidratos – presentes em maioria, proteínas, enzimas, aminoácidos, lipídios, vitaminas, substâncias químicas voláteis, ácidos fenólicos, flavonóides, carotenóides e minerais (Saxena *et al.*, 2010). O conteúdo e variedade destes componentes no mel depende da origem geográfica, origem botânica, composição do solo, condições regionais e mudanças climáticas da área forrageada pelas abelhas (cerca de 7 km² em torno do apiário). Ainda, sua composição é afetada pela manipulação, embalagem e tempo de armazenamento (Escuredo *et al.*, 2014; Tornuk *et al.*, 2013). Assim, parâmetros de identidade e qualidade apresentam grande variabilidade, resultando em méis com diferentes cores, aromas e sabores.

Importante salientar que, apesar de estarem presentes em minoria, compostos bioativos como fenóis e carotenóides são responsáveis pelo reconhecimento do mel por apresentar efeito anti-inflamatório, antioxidante e antimicrobiano, aumentando a imunidade e outras atividades fisiológicas no organismo humano. Por estas propriedades, o mel vem sendo utilizado como medicamento a milhares de anos no combate a resfriados, na cicatrização de feridas, no aumento da resposta imune, na recuperação do tecido epitelial, na promoção do desbridamento autolítico, no tratamento de úlceras e de dermatite atópica e na redução da dor (Muñoz-Olivas e Camara, 2001; Lachman *et al.*, 2010).

Também devido as suas propriedades benéficas, vem crescendo o interesse pelo mel nos últimos anos, tendo o Brasil como destaque na produção mundial, com 42, 35 mil toneladas produzidas em 2018. Sendo o estado do Rio Grande do Sul maior produtor com 6,43 mil toneladas produzidas em 2018 (IBGE, 2018).

Em face do exposto, o presente estudo objetivou a determinação do perfil físico-químico (cinzas, pH, acidez total, sólidos solúveis totais, umidade, cor, condutividade elétrica e açúcares individuais), com ênfase nos compostos bioativos (compostos fenólicos, flavonoides e carotenoides) e da atividade antioxidante, para que se possa fazer uma caracterização geográfica de méis oriundos do sul do estado do Rio Grande do Sul.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados com 21 amostras de mel, coletadas em 2016, oriundas de municípios das mesorregiões do sudeste e do sudoeste rio-grandense (Tabela 1), as quais foram obtidas diretamente com os apicultores, sendo aceita a origem botânica declarada pelos mesmos. Após a obtenção, as amostras foram armazenadas em recipientes de polietileno sob refrigeração ($4\pm 1^{\circ}\text{C}$) e ausência de luz. Em caso de cristalização das amostras, antes de proceder as análises foi realizado o aquecimento dos recipientes com o mel até $40\text{-}50^{\circ}\text{C}$ em banhos de água ultrapura e homogeneização com bastão de vidro. Após a amostra foi deixada em temperatura ambiente para resfriar.

O teor de cinzas, pH e acidez no mel foram determinados de acordo com as metodologias oficiais (AOAC 920,181 e AOAC 962, 19; 2006).

As determinações de sólidos solúveis totais e umidade foram realizadas por refratometria, com uso de um refratômetro Quimis - modelo Q-109B. Todas as medições foram realizadas a 20°C , e para interpretação dos dados de umidade foi utilizada a tabela de *Chataway* (AOAC, 2006). Os sólidos solúveis foram expressos em $^{\circ}\text{Brix}$ e a umidade em %.

A cor foi medida a partir de uma solução com 50% de mel em água destilada a $45\text{-}50^{\circ}\text{C}$ previamente sonicada por 5 minutos. A solução foi filtrada para remoção de resíduos como cera e partes de abelha; e após submetida a leitura da absorbância em espectrofotômetro (Jenway - 6705 UV/VIS) no comprimento de onda de 635 nm (Ferreira *et al.*, 2009). Os resultados foram expressos utilizando a escala de Pfund (Fell, 1978).

A condutividade elétrica foi determinada segundo a Comissão Internacional de Mel, com a utilização de um condutivímetro digital (condutivímetro de bolso EC/TDS e temperatura, 0 a 3999

$\mu\text{S.cm}^{-1}$, DIST[®]5, MODELO HI98311). Para a medição uma solução a 20% de mel em água destilada foi preparada.

Os conteúdos dos açúcares frutose, glicose e sacarose foram determinados segundo o método da AOAC 977,20 (2006), por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) acoplada ao detector de índice de refração (RID). Para tanto, uma solução a 5% de mel em água ultrapura foi preparada, posteriormente filtrada através de papel filtro 0,45 μm , e injetada no sistema de HPLC-Shimadzu, equipado com uma bomba quaternária, detector de índice de refração (RID) e coluna Luna NH₂ modelo 100A - 250mm x 4, mm, 5 μm - Phenomenex - USA. Para a determinação dos açúcares, utilizou-se como fase móvel acetonitrila / água (70:30 v/v) a um fluxo de 0,8 mL.min⁻¹ e tempo de corrida de 20 minutos. Foram preparadas curvas-padrão para cada tipo de açúcar e o conteúdo dos açúcares foi expresso em g.100g⁻¹.

O conteúdo de compostos fenólicos foi obtido de acordo com Singleton *et al.* (1999). Foram pesadas cinco gramas de mel e acrescentados 30 mL de água destilada. Após a solução foi homogeneizada, filtrada e transferida para balão volumétrico de 50 mL. Em 500 μL dessa solução de mel foram acrescentados 2,5 mL de Folin-Ciocalteu (0,2N), passados 5 minutos, 2 mL de carbonato de sódio (75g/L) também foram adicionados, e após as amostras foram incubadas por 2 horas na ausência de luz, para posterior leitura da absorbância à 760nm em espectrofotômetro. A curva padrão foi construída com concentrações conhecidas de ácido gálico, e os resultados expressos em miligramas de equivalentes de ácido gálico (mg EAG 100g⁻¹).

Para determinação de flavonoides, uma solução de 5 g de mel em 50 mL em metanol 50% foi preparada, homogeneizada e filtrada. A reação foi realizada com 5 mL de tricloreto de alumínio a 2% em metanol e 5 mL da solução de mel. Após a homogeneização a mistura foi deixada no escuro por 30 minutos. A absorbância foi determinada a 415 nm em espectrofotômetro de UV-Vis, e a curva-padrão elaborada com quercetina, tendo os resultados expressos em miligramas de equivalentes de quercetina por 100 gramas de mel (Arvouet-Grand *et al.*, 1994).

Para a determinação dos carotenoides foi preparada uma solução com 5 g de mel em 5 mL de água destilada. Depois de homogeneizada e filtrada esta solução foi misturada com 45 mL de uma solução de hexano:acetona (6:4 v/v), novamente homogeneizada por 1 minuto e mantida ao abrigo da luz por 30 minutos. A absorbância foi medida no comprimento de onda de 450 nm, sendo a curva-padrão preparada com β -caroteno, expressando os resultados em miligramas de equivalentes de β -caroteno por quilograma de mel (Ferreira *et al.*, 2009).

A atividade antioxidante foi avaliada pela técnica de captura de radicais ABTS [ácido 2, 2'azino-bis (3- etilbenzotiazolina- 6-sulfonado)], de acordo com Re *et al.* (1999). Nesta

determinação foi preparado um extrato pesando-se 5 g de mel, que foram dissolvidas em 50 mL de uma solução de água e etanol (50:50 v/v). Uma reação com 100 µL de extrato e 3900 µL de solução ABTS ($0,700 \pm 0,05\text{nm}$) foi realizada. A mistura foi homogeneizada e deixada em repouso por 6 minutos na ausência de luz. A absorbância foi medida no comprimento de onda de 734 nm, a curva-padrão construída com Trolox e os resultados expressos em equivalentes de Trolox ($\text{mg ET} \cdot 100\text{g}^{-1}$).

Os resultados inicialmente foram apresentados com medias e desvios padrões. A comparação entre as amostras foi realizada por meio de análise multivariada a partir do método de componentes principais. A análise de componentes principais (PCA) foi extraída a partir de uma matriz de correlação. Dessa forma, a informação contida nas variáveis originais foi projetada em número menor de variáveis subjacentes chamadas de Componentes Principais (PCs). O critério para descarte de variáveis (PCs) utilizado foi o recomendado por Jolliffe (2002), o qual estabelece que se deve reter um número de componentes principais que contemple pelo menos, entre 70 e 90% da variação total. Após a seleção do número de PCs, serão obtidos os seus respectivos autovalores, com seus correspondentes autovetores. O procedimento gráfico adotado foi o *biplot*, a partir dos escores dos componentes principais selecionados. A presença de correlações entre as variáveis do estudo foi analisada através do coeficiente de correlação de Pearson (r).

Tabela 1: Informações das 21 amostras de méis utilizadas nas análises.

| Amostra | Cidade | Data de coleta (2016) | Coordenada geográfica | Origem botânica |
|---------|---------------|-----------------------|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| A1 | Aceguá | Março | 31°38'37"S e 54°11'34"O | Silvestre |
| A2 | Aceguá | Março | 31°40'20"S e 54°03'59"O | Silvestre |
| A3 | Aceguá | Março | 31°37'10"S e 54°10'19"O | Silvestre |
| A4 | Aceguá | Março | 31°40'20"S e 54°03'59"O | Eucalipto |
| A5 | Aceguá | Março | 31°40'20"S e 54°03'59"O | Silvestre |
| A6 | Aceguá | Abril | 31°40'20"S e 54°03'59"O | Trevo-branco |
| AG1 | Arroio Grande | Março | 32°13'59"S e 53°05'12"O | Multifloral (curunilha, pitangueira, araçá, palmeira, jatazeiro e eucalipto) |
| B1 | Bagé | Fevereiro | 31°02'71"S e 53°38'55"O | Silvestre |
| B2 | Bagé | Março | 31°19'09"S e 54°06'07"O | Silvestre |
| C1 | Candiota | Março | 31°25'18"S e 53°47'28"O | Silvestre |
| C2 | Candiota | Fevereiro | 31°03'21"S e 53°47'84"O | Silvestre |
| C3 | Candiota | Março | 31°32'44"S e 53°43'14"O | Silvestre |
| C4 | Candiota | Novembro | 31°30'13"S e 53°41'36"O | Silvestre |
| C5 | Candiota | Maio | 31°27'30"S e 53°44'28"O | Multifloral (carqueja, vassoura e erva-lanceta) |
| CG1 | Canguçu | Abril | 31°23'59"S e 52°40'16"O | Silvestre |
| CG2 | Canguçu | Abril | 31°26'13"S e 52°35'17"O | Silvestre |
| DP1 | Dom Pedrito | Abril | 30°58'24"S e 54°42'42"O | Silvestre |

| | | | | |
|-----|-----------------|-----------|-------------------------|-----------|
| HN1 | HulhaNegra | Fevereiro | 31°19'95"S e 53°53'82"O | Silvestre |
| HN2 | HulhaNegra | Maio | 31°26'35"S e 53°51'53"O | Silvestre |
| P1 | Pelotas | Maio | 31°45'29"S e 52°14'00"O | Silvestre |
| PM1 | PinheiroMachado | Março | 31°34'33"S e 53°22'50"O | Silvestre |

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O conhecimento de parâmetros físicos e químicos do mel são importantes para atestar sua qualidade (Serrano *et al.*, 2004), como também é de fundamental importância para a caracterização regional de méis, devido a grande diversidade botânica e variação climática de cada região (Terrab *et al.*, 2001). Os parâmetros físicos e químicos dos méis estudados são apresentados na tabela 2.

Os conteúdos encontrados para cinzas variaram de 0,02 a 0,53 g.100g⁻¹, estando dentro dos limites permitidos pela legislação brasileira, a qual estipula o valor máximo de 0,6 g.100 g⁻¹ para méis florais (Brasil, 2000). Comparando os conteúdos encontrados com outros estudos, Popek, Halagarda e Kursá (2016) obtiveram valores que variaram de 0,089 a 0,71 g.100g⁻¹ para méis poloneses de diferentes tipos e floradas; Abadio Finco, Moura e Silva (2010) relataram valores de 0,01 a 0,30 g.100g⁻¹ para mel da região Sul do estado de Tocantins (Brasil); Ribeiro *et al.* (2014) encontraram resultados de 0,06 a 0,43 g.100g⁻¹ para méis oriundos dos estados do Rio de Janeiro e Minas Gerais, no sudeste Brasileiro; e Welke *et al.* (2008), ao analisarem méis do noroeste do Rio Grande do Sul, encontraram 0,05 a 0,47 g.100g⁻¹. Silva, Queiroz e Figueirêdo (2004), ao analisarem méis oriundos do Piauí, encontraram resultados diferentes entre o conteúdo de cinzas de méis de floradas diferentes. Estes dados suportam o relato de Acquarone, Buera e Elizalde (2007), os, quais enfatizam que o teor de cinzas pode ser uma função complexa tanto de origem floral como geográfica. O teor de cinzas indica o conteúdo de minerais no mel, entretanto, cabe considerar que as condições ambientais do local de produção do mel podem levar à contaminações no produto, especialmente por metais, que em elevadas concentrações, podem ser tóxicos (Muñoz-Olivas; Camara, 2001). O acúmulo de metais pesados pode ser devido a poluição por fontes externas como por emissões das fábricas, metalurgia de não-ferrosos, combustão da gasolina com chumbo em rodovias movimentadas e pelo uso de agroquímicos (Crane, 1987; Pisani; Protano; Riccobono, 2008).

Os méis são naturalmente ácidos, com valor de pH variando entre 3,5 e 5,5. As amostras deste estudo apresentaram pH na faixa de 3,41 a 4,77, valores similares aos relatados por vários estudos com méis oriundos de diferentes regiões do Brasil e do mundo (Abadio-Finco; Moura; Silva, 2010; Chakir *et al.*, 2016; Fechner *et al.*, 2016; Manzanares *et al.*, 2017; Popek; Halagarda; Kursá, 2016; Ribeiro *et al.*, 2014; Welke, 2008). A análise de pH não é obrigatória no controle de qualidade

de méis brasileiros (Brasil, 2000), mas mostra-se útil como variável auxiliar na avaliação da qualidade, por ser um parâmetro de importância na extração e no armazenamento do mel (Corbella; Cozzolino, 2006). O pH influencia na textura, na estabilidade e no período de validade do mel, visto que valores alterados de pH podem indicar processos fermentativos ou de adulteração do mel (Finola; Lasagno; Marioli, 2007; Terrab *et al.*, 2004). Marchini *et al.* (2005), obteve resultados de 2,9 a 5,1 para méis de eucalipto do estado de São Paulo, sendo que o mel do presente estudo, de mesma origem botânica, apresentou pH 3,67.

Na determinação de acidez total dos méis deste estudo foram encontrados resultados que variaram de 23,25 a 86,39 meq.kg⁻¹, sendo que as amostras das cidades de Aceguá (A4), Candiota (C1, C2, C3 e C5), Canguçu (CG1) e Hulha Negra (HN1 e HN2) apresentaram conteúdos superiores ao preconizado pela IN 11:2000, que estipula no máximo 50 mEq.kg⁻¹ (Brasil, 2000). Não se observou uma relação direta entre a alta acidez e o menor valor de pH nas amostras. Isto pode ter ocorrido porque o mel tem capacidade tampão, devido aos fosfatos, carbonatos e outros sais minerais presentes; e portanto, seu pH não se altera pela adição de pequenas quantidades de ácidos e bases (Bogdanov, 2009). Chakir *et al.* (2016) encontraram para méis produzidos a partir de diferentes flores e diferentes regiões em Marrocos, valores que variaram entre 11,94 e 58,03 meq.kg⁻¹, sendo que para mel de eucalipto os valores ficaram entre 22,55 a 34,79 meq.kg⁻¹. Abadico-Finco, Moura e Silva (2010) encontraram, para méis da região Sul do Tocantins, acidez de 35 a 59 meq.kg⁻¹, estando 20,83% fora dos padrões exigidos pela legislação brasileira. Acquarone, Buera e Elizalde (2007), estudando méis argentinos oriundos de diferentes origens geográficas, observaram que amostras das mesmas regiões demonstraram diferenças significativas nos valores de acidez, o que foi atribuído às suas diferentes origens florais.

Em relação aos sólidos solúveis, os valores variaram entre 76,73 a 80,80 °Brix e 18,47 a 21,67 g.100g⁻¹. Resultados inferiores a 80 °Brix apontam a coleta do mel em tempo inadequado, não sendo o ideal de maturação; ou em períodos chuvosos, o que pode ter ocorrido com algumas das amostras avaliadas no presente estudo (A3, B2, C2, C5, HN1 E PM1), as quais apresentaram conteúdo de umidade acima do permitido pela legislação vigente (máximo de 20 g.100g⁻¹). O teor de sólidos solúveis no mel representa o teor de açúcares totais, que por consequência representam o conteúdo de carboidratos (Silva *et al.*, 2003). Os teores de sólidos solúveis estão de acordo com outros estudos, como o de Popek, Halagarda e Kurša (2016), que relataram valores de 68,67 a 87,36 g.100g⁻¹ de açúcares totais em mel polonês. Valores semelhantes também foram encontrados para méis monoflorais de Tenerife na Espanha, com 77,9 a 84,3 g.100g⁻¹ (Manzanares *et al.*, 2017).

Os resultados da umidade dos méis obtidos no presente estudo, de 18,47 a 21,67 g.100g⁻¹, demonstraram serem superiores aos encontrados para méis oriundos de Corrientes na Argentina (Fechner *et al.*, 2016), da Área Atlântica Européia (Escuredo *et al.*, 2013), de Tenerife na Espanha (Manzanares *et al.*, 2017), e de diferentes regiões de Marrocos (Chakir *et al.*, 2016). No entanto, estes valores foram similares aos reportados para méis da região Sul do estado de Tocantins no Brasil (Abadio-Finco; Moura; Silva, 2010). Segundo Olaitan, Adeleke e Ola (2007), os fatores climáticos são os que mais influenciam na umidade do mel. A umidade da amostra A4 (19,13 g.100g⁻¹) de mel de eucalipto foi superior aos valores médios encontrados para méis desta mesma origem floral de Marrocos (Chakir *et al.*, 2016) e da Europa (Escuredo *et al.*, 2013), ambos com umidade com cerca de 17 g.100g⁻¹.

As amostras de méis avaliadas no presente estudo apresentaram coloração variando de âmbar a âmbar escuro, sendo a maioria de coloração escura. Os méis brasileiros possuem grande variação de cor, o que pode influenciar na preferência do consumidor que, na maioria das vezes, escolhe o mel associando a sua cor mais clara com um sabor mais suave ou mais escura com sabor mais forte (Cardoso, 2011; Crane, 1987). Além disso, a cor do mel pode ser relacionada ao seu valor no mercado internacional, neste contexto, os méis mais claros atingem valores monetários superiores em relação aos méis mais escuros (Moura, 2010), como os méis da Floresta de Harena na Etiópia, que apresentam coloração extra claro a âmbar claro (Belay *et al.*, 2015).

A condutividade elétrica das amostras de méis variou de 278 a 567 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Chakir *et al.* (2016) relatam condutividades elétricas de 119,9 a 1741 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ em méis de diferentes origens geográficas e botânicas de Marrocos. Em méis do Sul do estado brasileiro de Tocantins foram encontrados valores de condutividade elétrica que variaram ente 300 a 1040 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (Abadio-Finco *et al.*, 2010). Os resultados de condutividade elétrica dos méis avaliados no presente estudo estão de acordo com os relatados na literatura. A determinação da condutividade elétrica na Alemanha vem sendo aplicada como critério na comercialização de méis, sendo que quanto maior a condutividade maior é o valor monetário pago pelo mel exportado (Alves, 2008). Embora a legislação vigente (Brasil, 2000) não estabeleça padrões definidos para condutividade elétrica, os valores obtidos estão abaixo dos exigidos pelo *Codex Alimentarius*, que estipula um valor máximo de 800 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Ainda, Acquarone, Buera e Elizalde (2007) relataram que condutividade elétrica pode ser considerada um importante marcador geográfico para as amostras de méis argentinos.

Foram encontrados conteúdos inferiores de açúcares nos méis analisados no presente estudo aos relatados por outros estudos (Chakir *et al.*, 2016; Escuredo *et al.*, 2013; Manzanares *et al.*, 2017), para a frutose e glicose, os quais variaram de 6,74 a 10,11 g.100g⁻¹ e de 12,28 a 21,32 g.100g⁻¹,

respectivamente. No entanto, os conteúdos de sacarose, que variaram de 0,06 a 0,35 g.100g⁻¹, estão de acordo com o trabalho realizado por Popek, Halagarda e Kursá (2016) com mel polonês; e inferiores aos encontrados por Escuredo *et al.* (2013) e Manzanares *et al.* (2017) para méis europeus e espanhóis, respectivamente. Os resultados de açúcares no presente estudo foram inesperados, tendo em vista que as amostras eram de méis florais e que os resultados de sólidos solúveis totais foram altos.

Tabela 2: Média \pm desvio padrão dos parâmetros químicos das 21 amostras de méis de mesorregiões do estado do RS.

A1, A2, A3, A4, A5 e A6: Aceguá. AG1: Arroio Grande. B1 e B2: Bagé. C1, C2, C3, C4 e C5: Candiota. CG1 e CG2: Canguçu. DP1: Dom Pedrito. HN1 e HN2: Hulha Negra. P1: Pelotas. PM1: Pinheiro Machado.

| Amostra | Cinzas (g.100g ⁻¹) | pH | Acidez total (meq.kg ⁻¹) | Sólidos solúveis (°Brix) | Umidade (g.100g ⁻¹) | Cor (mm Pfund) | Condutividade elétrica (μ S.cm ⁻¹) | Frutose (g.100g ⁻¹) | Glicose (g.100g ⁻¹) | Sacarose (g.100g ⁻¹) |
|---------|-----------------------------------|-----------------|--------------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|-------------------|-----------------------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| A1 | 0,28 \pm 0,01 | 3,77 \pm 0,06 | 50,32 \pm 1,37 | 79,00 \pm 0,01 | 19,53 \pm 0,23 | 149,53 \pm 0,66 | 474,00 \pm 1,00 | 6,74 \pm 0,80 | 14,02 \pm 0,10 | 0,13 \pm 0,01 |
| A2 | 0,14 \pm 0,01 | 3,97 \pm 0,02 | 48,89 \pm 1,25 | 78,63 \pm 0,55 | 19,93 \pm 0,61 | 149,54 \pm 0,71 | 471,00 \pm 1,00 | 6,85 \pm 0,10 | 12,54 \pm 0,10 | 0,13 \pm 0,01 |
| A3 | 0,23 \pm 0,01 | 3,77 \pm 0,21 | 41,75 \pm 6,26 | 77,90 \pm 0,01 | 20,60 \pm 0,01 | 102,39 \pm 0,52 | 305,00 \pm 1,00 | 8,97 \pm 0,14 | 17,69 \pm 0,33 | 0,20 \pm 0,01 |
| A4 | 0,21 \pm 0,01 | 3,67 \pm 0,25 | 56,34 \pm 1,65 | 79,53 \pm 0,30 | 19,13 \pm 0,23 | 133,78 \pm 2,36 | 372,67 \pm 1,53 | 9,25 \pm 0,05 | 21,18 \pm 0,14 | 0,13 \pm 0,01 |
| A5 | 0,53 \pm 0,03 | 3,41 \pm 0,01 | 42,73 \pm 0,18 | 80,20 \pm 0,69 | 19,00 \pm 0,01 | 117,99 \pm 1,31 | 279,67 \pm 0,58 | 10,11 \pm 0,10 | 21,32 \pm 0,10 | 0,13 \pm 0,01 |
| A6 | 0,25 \pm 0,02 | 3,36 \pm 0,01 | 41,44 \pm 0,45 | 80,80 \pm 0,20 | 19,00 \pm 0,01 | 115,58 \pm 0,17 | 278,00 \pm 1,00 | 8,88 \pm 0,10 | 18,60 \pm 0,10 | 0,13 \pm 0,01 |
| AG1 | 0,40 \pm 0,02 | 4,18 \pm 0,01 | 46,11 \pm 0,24 | 79,00 \pm 0,01 | 19,40 \pm 0,01 | 148,99 \pm 0,02 | 470,33 \pm 0,58 | 9,45 \pm 0,63 | 12,28 \pm 0,10 | 0,06 \pm 0,01 |
| B1 | 0,17 \pm 0,01 | 3,83 \pm 0,09 | 36,11 \pm 0,71 | 79,70 \pm 0,52 | 18,47 \pm 0,46 | 149,19 \pm 0,14 | 305,00 \pm 1,00 | 10,07 \pm 0,04 | 20,90 \pm 0,11 | 0,35 \pm 0,02 |
| B2 | 0,24 \pm 0,01 | 3,93 \pm 0,01 | 49,69 \pm 2,27 | 77,20 \pm 0,01 | 21,00 \pm 0,01 | 149,56 \pm 0,77 | 395,00 \pm 1,00 | 8,37 \pm 0,10 | 15,68 \pm 0,10 | 0,07 \pm 0,01 |
| C1 | 0,14 \pm 0,01 | 4,11 \pm 0,04 | 66,48 \pm 1,00 | 78,67 \pm 0,58 | 19,80 \pm 0,69 | 138,35 \pm 0,36 | 506,33 \pm 0,58 | 9,75 \pm 0,35 | 18,58 \pm 0,77 | 0,13 \pm 0,01 |
| C2 | 0,02 \pm 0,01 | 3,53 \pm 0,01 | 52,22 \pm 1,79 | 76,97 \pm 0,06 | 21,53 \pm 0,23 | 119,76 \pm 0,66 | 320,67 \pm 0,58 | 8,01 \pm 0,34 | 14,39 \pm 0,47 | 0,13 \pm 0,01 |
| C3 | 0,14 \pm 0,01 | 3,97 \pm 0,12 | 86,39 \pm 1,37 | 77,10 \pm 0,10 | 21,13 \pm 0,23 | 149,98 \pm 0,03 | 305,00 \pm 1,73 | 8,83 \pm 0,10 | 15,12 \pm 0,10 | 0,06 \pm 0,01 |
| C4 | 0,22 \pm 0,01 | 3,61 \pm 0,06 | 34,04 \pm 0,58 | 78,47 \pm 0,83 | 19,93 \pm 0,83 | 149,46 \pm 0,64 | 320,33 \pm 1,53 | 8,63 \pm 0,10 | 15,49 \pm 0,10 | 0,07 \pm 0,01 |
| C5 | 0,21 \pm 0,01 | 3,70 \pm 0,01 | 59,10 \pm 1,43 | 77,00 \pm 0,01 | 21,40 \pm 0,01 | 145,47 \pm 0,52 | 412,00 \pm 1,73 | 8,14 \pm 0,92 | 17,25 \pm 0,10 | 0,13 \pm 0,02 |
| CG1 | 0,40 \pm 0,01 | 4,08 \pm 0,07 | 56,66 \pm 2,03 | 78,00 \pm 0,40 | 20,33 \pm 0,46 | 140,74 \pm 0,13 | 567,33 \pm 1,15 | 8,98 \pm 0,19 | 16,93 \pm 0,32 | 0,13 \pm 0,01 |
| CG2 | 0,17 \pm 0,01 | 3,51 \pm 0,01 | 53,37 \pm 3,40 | 78,60 \pm 0,87 | 19,93 \pm 0,83 | 149,93 \pm 0,79 | 411,00 \pm 4,00 | 9,71 \pm 0,12 | 21,07 \pm 0,05 | 0,06 \pm 0,01 |
| DP1 | 0,25 \pm 0,02 | 3,45 \pm 0,01 | 46,23 \pm 2,30 | 79,73 \pm 0,50 | 19,13 \pm 0,23 | 108,15 \pm 0,13 | 316,33 \pm 0,58 | 8,76 \pm 0,10 | 17,61 \pm 0,10 | 0,13 \pm 0,01 |
| HN1 | 0,29 \pm 0,02 | 3,72 \pm 0,03 | 62,27 \pm 0,64 | 76,73 \pm 0,61 | 21,67 \pm 0,61 | 122,63 \pm 0,52 | 328,33 \pm 0,58 | 8,36 \pm 0,76 | 15,86 \pm 0,10 | 0,13 \pm 0,01 |
| HN2 | 0,24 \pm 0,04 | 4,12 \pm 0,09 | 51,97 \pm 0,98 | 79,80 \pm 0,01 | 19,00 \pm 0,01 | 142,13 \pm 2,89 | 481,33 \pm 1,54 | 7,95 \pm 0,23 | 15,61 \pm 0,60 | 0,06 \pm 0,01 |
| P1 | 0,17 \pm 0,01 | 4,77 \pm 0,21 | 23,25 \pm 2,07 | 79,27 \pm 0,61 | 19,27 \pm 0,46 | 129,23 \pm 1,97 | 504,67 \pm 0,58 | 7,44 \pm 0,42 | 16,45 \pm 0,10 | 0,20 \pm 0,02 |
| PM1 | 0,14 \pm 0,01 | 4,21 \pm 0,22 | 47,52 \pm 0,73 | 77,00 \pm 0,01 | 21,40 \pm 0,01 | 149,70 \pm 0,10 | 395,67 \pm 1,15 | 8,20 \pm 0,38 | 15,15 \pm 0,60 | 0,06 \pm 0,01 |

Os resultados obtidos nas análises de compostos bioativos e da atividade antioxidante estão apresentados na tabela 3.

Tabela 3: Média \pm desvio padrão dos compostos bioativos e capacidade antioxidante para 21 amostras de méis analisadas

| Amostra | Compostos Bioativos | | | Capacidade antioxidante (mg ET.100g ⁻¹) |
|---------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| | Compostos fenólicos (mg EAG.100g ⁻¹) | Flavonoides (mg EQ.100g ⁻¹) | Carotenoides (mg β -caroteno.kg ⁻¹) | |
| A1 | 80,23 \pm 3,58 | 10,13 \pm 0,16 | 2,12 \pm 0,03 | 82,24 \pm 3,93 |
| A2 | 64,94 \pm 4,49 | 7,81 \pm 0,54 | 1,07 \pm 0,03 | 111,90 \pm 1,57 |
| A3 | 74,19 \pm 0,81 | 5,61 \pm 0,17 | 1,29 \pm 0,03 | 70,39 \pm 5,49 |
| A4 | 80,56 \pm 3,21 | 7,88 \pm 0,13 | 1,16 \pm 0,05 | 136,90 \pm 3,63 |
| A5 | 62,17 \pm 2,29 | 5,09 \pm 0,27 | 1,10 \pm 0,05 | 129,77 \pm 5,14 |
| A6 | 63,86 \pm 2,68 | 5,13 \pm 0,02 | 1,15 \pm 0,03 | 126,65 \pm 4,36 |
| AG1 | 83,49 \pm 2,03 | 5,58 \pm 0,23 | 1,06 \pm 0,03 | 124,57 \pm 0,97 |
| B1 | 93,30 \pm 4,12 | 12,86 \pm 0,58 | 1,29 \pm 0,02 | 162,51 \pm 6,38 |
| B2 | 59,42 \pm 0,86 | 9,09 \pm 0,17 | 1,30 \pm 0,12 | 224,24 \pm 12,43 |
| C1 | 67,11 \pm 1,44 | 11,02 \pm 0,28 | 0,91 \pm 0,01 | 161,60 \pm 4,32 |
| C2 | 68,63 \pm 2,40 | 7,14 \pm 0,62 | 1,02 \pm 0,01 | 100,09 \pm 6,04 |
| C3 | 80,03 \pm 0,88 | 8,44 \pm 0,44 | 1,03 \pm 0,04 | 100,18 \pm 4,42 |
| C4 | 38,47 \pm 1,17 | 8,74 \pm 0,67 | 1,84 \pm 0,01 | 103,51 \pm 7,02 |
| C5 | 58,35 \pm 1,60 | 7,55 \pm 0,17 | 1,15 \pm 0,01 | 66,72 \pm 4,67 |
| CG1 | 63,28 \pm 0,95 | 10,35 \pm 0,06 | 1,22 \pm 0,12 | 107,42 \pm 0,89 |
| CG2 | 62,49 \pm 0,58 | 6,52 \pm 0,04 | 1,52 \pm 0,02 | 70,39 \pm 5,49 |
| DP1 | 82,76 \pm 5,37 | 6,71 \pm 0,17 | 1,39 \pm 0,03 | 163,10 \pm 1,59 |
| HN1 | 81,20 \pm 0,35 | 7,60 \pm 0,17 | 0,93 \pm 0,05 | 180,71 \pm 1,20 |
| HN2 | 49,90 \pm 0,89 | 7,90 \pm 0,27 | 1,14 \pm 0,01 | 45,17 \pm 1,07 |
| P1 | 44,5 \pm 0,60 | 6,02 \pm 0,24 | 1,53 \pm 0,04 | 58,46 \pm 1,94 |
| PM1 | 65,45 \pm 0,77 | 9,58 \pm 0,47 | 1,40 \pm 0,01 | 117,85 \pm 2,15 |

A1, A2, A3, A4, A5 e A6: Aceguá. AG1: Arroio Grande. B1 e B2: Bagé. C1, C2, C3, C4 e C5: Candiota. CG1 e CG2: Canguçu. DP1: Dom Pedrito. HN1 e HN2: Hulha Negra. P1: Pelotas. PM1: Pinheiro Machado.

O conteúdo de compostos fenólicos variaram de 38,47 a 93,30 mgEAG.100g⁻¹ de mel. Esses conteúdos foram superiores aos encontrados para méis florais da República Tcheca, nos quais o

conteúdo destes compostos variaram de 8,36 a 14,69 mgEAG.100g⁻¹ (Lachman *et al.*, 2010). Teores intermediários aos observados no presente estudo foram verificados para mel multifloral de diversas origens geográficas, com valores de compostos fenólicos que variaram de 30 a 110 mgEAG.100g⁻¹ (Wilczyńska, 2014); para méis da Malásia, com média de 59,05 mgEAG.100g⁻¹ (Keka *et al.*, 2014); para méis portugueses, com teores de 22,62 a 72,78 mgEAG.100g⁻¹ (Ferreira *et al.*, 2009); para méis cubanos, com teores de 21,39 a 59,58 mg EAG.100g⁻¹ (Alvarez-Suarez *et al.*, 2010); e para méis monoflorais e multiflorais brasileiros da região Sudeste, com conteúdos que variaram entre 18 a 43 mgEAG.100g⁻¹ (Draghi; Fernandes, 2017). Quando analisados méis monoflorais e multiflorais de origem espanhola, foram obtidos conteúdos que variaram de 79,05 a 103,48 mgEAG.100g⁻¹ (Osés *et al.*, 2016). Draghi e Fernandes (2017) encontraram para mel de eucalipto 38 mgEAG.100g⁻¹, valor este inferior ao do mel de eucalipto avaliado no presente estudo, que foi de 80,56 mgEAG.100g⁻¹.

O teor de flavonoides nas amostras de méis analisadas apresentou-se entre 5,09 a 12,86 mgEQ.100g⁻¹ de mel. Estes teores encontram-se em acordo com os relatados para méis de diversos tipos (multifloral, monofloral e melada) de Burkina Faso, que ficaram entre 0,2 e 8,4 mgEQ.100g⁻¹ (Meda, 2005). Um estudo com méis espanhóis apresentou, para flavonoides, 2,39 mgEQ.100g⁻¹ para mel multifloral (Osés *et al.*, 2016). Ao avaliar méis provenientes da Argentina, se obteve conteúdos de flavonóides em torno de 15 mgEQ.100g⁻¹ em méis multiflorais (Isla *et al.*, 2011). Em relação a amostra de mel de eucalipto do presente estudo (A4), o resultado de flavonoides foi superior (7,88 mgEQ.100g⁻¹) aos encontrados por Martos, Ferreres e Tomas-Barberan (2000), de 2,0 a 2,5 mgEQ.100g⁻¹, os quais analisaram méis de eucalipto oriundos da Austrália. Os conteúdos de compostos fenólicos e de flavonoides comparativamente elevados obtidos nas amostras avaliadas no presente estudo demonstram uma boa qualidade dos méis do Sudoeste e Sudeste do Rio Grande do Sul em termos de composição de bioativos, e portanto, a ingestão destes méis traz benefícios à saúde.

As amostras de méis apresentaram teores de carotenoides que variaram de 0,91 a 2,12 mg β-caroteno.kg⁻¹ de mel. Não foi observado uma relação direta com o conteúdo de carotenoides e a intensidade da coloração do mel. Méis de diferentes regiões da Argélia apresentaram resultados inferiores aos encontrados no presente estudo, com conteúdos que variaram de 0,30 a 1,01 mg β-caroteno.100g⁻¹ (Mouhoubi-Tafinine; Ouchemoukh; Tamendjari, 2016). Teores de carotenóides superiores aos deste estudo foram relatados em mel catarinense, com valores entre 6,34 e 11,74 mg β-caroteno.kg⁻¹ (Rizelio, 2011) e de méis portugueses, entre 8,64 e 9,32 mg β-caroteno.kg⁻¹ (Ferreira *et al.*, 2009). Em relação aos méis cubanos, cujos valores ficaram entre 1,17 e 5,57 mg β-

caroteno.kg⁻¹ (Alvarez-Suarez *et al.*, 2010), a maioria das amostras estudadas apresentaram valores intermediários.

Os resultados de atividade antioxidante nos méis do presente estudo variaram de 45,17 a 224,24 mgET.100g⁻¹. Bueno-Costa *et al.* (2016) observaram melhores resultados ao analisar atividade antioxidante em méis com ABTS do que quando foi utilizado DPPH, os quais variaram entre 8,24 e 111,48 mgET.100g⁻¹. A atividade antioxidante de méis é dependente da presença de vários compostos e do sinergismo entre eles, como compostos fenólicos, carotenoides, aminoácidos, peptídeos e vitaminas (Gheldof; Engeseth, 2002).

Segundo a análise de correlação de Pearson, à nível de 5% de significância, os teores de compostos fenólicos e de flavonoides, embora de uma maneira não muito intensa, influenciaram positivamente na atividade antioxidante dos méis (0,391 e 0,280). No entanto, o conteúdo de carotenoides influenciou de maneira negativa (-0,270) na atividade antioxidante. Estes dados não corroboram com os relatados por Bueno-Costa *et al.* (2016), os quais relatam uma correlação positiva entre atividade antioxidante por ABTS e o conteúdo de carotenoides, e não evidenciaram correlações positivas com o conteúdo de compostos fenólicos e de flavonoides.

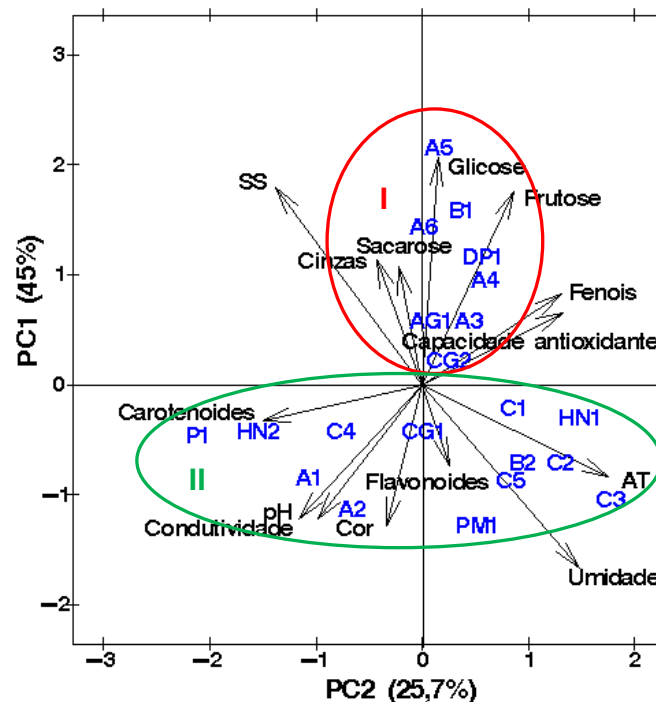
Os componentes principais (PCs) foram gerados a partir dos dados de 10 avaliações químicas e do conteúdo de três compostos bioativos, mais a capacidade antioxidante, totalizando 14 variáveis dependentes. Esse novo conjunto de variáveis ortogonais (PCs) foi gerado pela análise de componentes principais (PCA), onde o primeiro componente principal (PC1) apresentou o maior autovalor, de 5,00, e representou 45% da variabilidade no conjunto de dados. O segundo PC teve autovalor de 3,66, e foi responsável por 25,7% da variância nos dados. O restante dos PCs gerados produziram progressivamente autovalores menores e não explicaram de forma significativa a variabilidade dos dados. Portanto, de acordo com a regra de Jolliffe (2002), apenas os dois primeiros PCs foram utilizados para estudos adicionais.

Os dois primeiros componentes principais explicaram grande proporção da variação total, ou seja, 70,7%, o que possibilitou a plotagem dos escores e das cargas dos componentes referentes as amostras de mel estudadas (Figura 1). Analisando os autovetores correspondentes à PC1, os quais são o resultado do carregamento das variáveis originais sobre esta componente, destacaram-se o conteúdo de glicose (0,43), sólidos solúveis (0,38) e de frutose (0,37). Na PC2, os conteúdos de acidez total (0,43), umidade (0,37) e de carotenoides (-0,37) também contribuíram para diferenciação entre as amostras de mel.

A análise de PCA possibilitou a formação de dois grandes grupos, o primeiro grupo (I) formado pelas amostras de méis de Aceguá (A5, A3, A4 e A6), Bagé (B1), Canguçu (CG2), Dom

Pedrito (DP1) e de Arroio Grande (AG1), que foram caracterizados pelo mesmo comportamento. O segundo grupo (II) foi formado pelas amostras de méis oriundas de Aceguá (A1 e A2), Bagé (B2), Candiota (C1, C2, C3, C4 e C5), Canguçu (CG1), Hulha Negra (HN1 e HN2), Pelotas (P1) e de Pinheiro Machado (PM1). Esta separação ocorreu devido à flora e condições climáticas de cada local. Outros autores também fizeram uso da técnica PC, obtendo bons resultados, para realizar a distribuição de amostras de acordo com a origem geográfica (Acquarone; Buera; Elizalde, 2007; Santos *et al.*, 2008; Oliveira *et al.*, 2012; Fechner *et al.*, 2016).

Figura 1 - Plotagem dos escores e das cargas de PC1 e PC2, relacionados às variáveis dependentes analisadas.



SS: Sólidos Solúveis. AT: Acidez Total. A1, A2, A3, A4, A5 e A6: Aceguá. AG1: Arroio Grande. B1 e B2: Bagé. C1, C2, C3, C4 e C5: Candiota. CG1 e CG2: Canguçu. DP1: Dom Pedrito. HN1 e HN2: Hulha Negra. P1: Pelotas. PM1: Pinheiro Machado. Círculo em vermelho: grupo I e círculo em verde: grupo II.

4 CONCLUSÕES

Para as 21 amostras de méis, os parâmetros de cinzas, sólidos solúveis, pH, cor e condutividade, apresentaram valores dentro da Legislação brasileira; oito amostras (A4, C1, C2, C3, C5, CG1, HN1 e HN2) demonstraram-se em desacordo para a acidez total; e seis amostras (A3, B2, C2, C5, HN1 e PM1), estavam fora dos padrões nacionais de umidade. A condutividade elétrica apresentou-se em acordo com os padrões internacionais para todas as amostras. Os valores de compostos fenólicos e flavonoides são comparativamente elevados, em relação ao conteúdo em méis de outras origens geográficas. Assim, em função do conteúdo de compostos bioativos, os

resultados indicam que o mel produzido nas mesorregiões Sudeste e Sudoeste do Rio Grande do Sul (RS) apresenta boa qualidade. Além disso, a avaliação do perfil físico químico, associada ao conteúdo de compostos bioativos, podem ser utilizados como indicação da proveniência de mel de diferentes localizações das mesorregiões estudadas, que pela PCA discriminou dois grupos com variação de 70,7%. Portanto, este trabalho sugere que é possível classificar o mel por região de origem, o que pode contribuir para o conhecimento da rastreabilidade físico química das amostras de méis produzidas no estado do RS.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos produtores da Associação Bageense de Apicultores por cederem grande parte das amostras utilizadas neste trabalho e a Capes e Fapergs pelo suporte financeiro.

REFERÊNCIAS

- A.O.A.C. (Association of Official Analytical Chemist) (2006). In W. Horwitz (Ed.), Official methods of analysis of the AOAC, 18th ed. Washington D.C., USA: Association of Official Analytical Chemists.
- ABADIO FINCO, F. D. B; MOURA, L. L; SILVA, I. G. Propriedades físicas químicas do mel de *Apis mellifera* L. Ciência e Tecnologia de Alimentos, 30(3): 706-712, 2010.
- ACQUARONE, C.; BUERA, P.; ELIZALDE, B. Pattern of pH and electrical conductivity upon honey dilution as a complementary tool for discriminating geographical origin of honeys. Food Chemistry, v. 101, p. 695-703, 2007.
- ALVAREZ-SUAREZ, J. M.; TULIPANI, S.; DÍAZ, D.; ESTEVEZ, Y.; ROMANDINI, S.; GIAMPIERI, F.; DAMIANI, E.; ASTOLFI, P.; BOMPADRE, S.; BATTINO, M. Antioxidant and antimicrobial capacity of several monofloral cuban honeys and their correlation with color, polyphenol content and other chemical compounds. Food and Chemical Toxicology, v. 48, p. 2490-2499, 2010.
- ALVES, E. M. Identificação da flora e caracterização do mel orgânico de abelhas africanizadas das Ilhas Floresta e Laranjeira, do Alto Rio Paraná. 63f. Tese (Doutorado em Zootecnia) –Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PA, 2008.
- ARVOUET-GRAND, A.; VENNAT, B.; POURRAT, A.; LEGRET, P. Standardisation d'un extrait de propolis et identification des principaux constituants. Journal Pharmacie Belgique, v. 49, n. 6, p. 462-468, 1994.
- BELAY, A.; SOLOMON, W.K.; BULTOSSA,G.; ADGABA,N.; MELAKU, S. Botanical origin, colour, granulation, and sensory properties of the Harena forest honey, Bale, Ethiopia. Food Chemistry, 167, 213–219, 2015.
- BOGDANOV, S. et al. Honey quality and international regulatory standards: review by the international honey commission. Bee World, v. 80, n. 2, p. 61-69, 1999.
- BOGDANOV. Honey Composition. Bood of Honey. [s.l.] : Bee Product Science, 2009.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, pecuária e Abastecimento. Defesa Animal. Legislações. Legislação por Assunto. Legislação de Produtos Apícolas e Derivados. Instrução Normativa n. 11, de 20 de outubro de 2000. Regulamento técnico de identidade e qualidade do mel.

- BUENO- COSTA, F. M.; ZAMBIAZI, R.; BOHMER, B. W.; CHAVES, F. C.; DA SILVA, W. P.; ZANUSSO, J. T.; DUTRA, I. Antibacterial and antioxidant activity of honeys from the state of Rio Grande do Sul, Brazil. *LWT - Food Science and Technology*, v. 65, p. 333-340, 2016.
- CARDOSO, K.F.G. Qualidade do mel de *Apis mellifera* L. produzido na região do pólo cuesta, estado de São Paulo. Tese de doutorado. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, campus de Botucatu. São Paulo, 2011.
- CHAKIR, A.; ROMANE, A.; MARCAZZAN, G. L.; FERRAZZI, P. Physicochemical properties of some honeys produced from different plants in Morocco. *Arabian Journal of Chemistry*, v. 9, p. S946-S954, 2016.
- Codex Alimentarius Commission. 2001. Revised codex standard for honey. Codex STAN 12–1981, Rev. 1 (1987), Rev. 2 (2001).
- CORBELLA, E.; COZZOLINO, D. Classification of the floral origin of Uruguayan honeys y chemical and physical characteristics combined whit chemometrics. *LWT - Food Science and Technology*, v. 39, p. 534-539, 2006.
- CRANE, E. Bees and beekeeping-science, practice and world resources. London: NeinemannNewnes, 1990.
- CRANE, E. O livro do mel. 2. ed. São Paulo: Nobel, 1987.
- DRAGHI, P. F.; FERNANDES, J. C. B. Label-free potentiometric biosensor based on solid-contact for determination of total phenols in honey and propolis. *Talanta*, v. 164, p. 413-417, 2017.
- ESCUREDO, O.; MÍGUEZ, M.; FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, M.; SEIJO, M. C. Nutritional value and antioxidant activity of honeys produced in a European Atlantic área. *Food Chemistry*, v. 138, p. 851-856, 2013.
- FECHNER, C. D.; MORESI, A. L.; DÍAZ, J. D. R.; PELLERANO, R. G.; VAZQUEZ, F. A. Multivariate classification of honeys from Corrientes (Argentina) according to geographical origin based on physicochemical properties. *Food Bioscience*, v. 15, p. 49–54, 2016.
- FELL, R. D. The color grading of honey. *American Bee Journal*, v.18, p. 782-789, 1978.
- FERREIRA, I. C. F. R.; AIRES, E.; BARREIRA, J. C. M.; ESTEVINHO, L. M. Antioxidant activity of portuguese honey samples: different contributions of theentire honey and phenolic extract. *Food Chemistry*, v. 114, p. 1438-1443, 2009.
- FINOLA, M. S.; LASAGNO, M. C.; MARIOLI, J. M. Microbiological and chemical characterizations of honey from central Argentina. *Food Chemistry*, v. 100, p. 1649-1653, 2007.
- FRANKEL, S.; ROBINSON, G. E.; BERENBAUM, M. R. Antioxidant capacity and correlated characteristics of 14 unifloral honeys. *Journal of Apicultural Research*, v. 37, n.1, p. 27-31, 1998.
- GHELDOF, N.; ENGESETH, N. J. Antioxidant capacity of honeys from various floral sources based on the determination of oxygen radical absorbance capacity and inhibition of in vitro lipoprotein oxidation in human serum samples. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 50, p. 3050-3055, 2002.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção da Pecuária Municipal,, 2018.
- International Honey Commission (2009). Harmonised methods of the international honey commission (63 pp). Swiss Bee Research Centre, Bern: FAM, Liebefeld.
- ISLA, M. I.; CRAIG, A.; ORDOÑEZ, R.; ZAMPINI, C.; SAYAGO, J.; BEDASCARRASABURE, E.; MALDONADO, L. Physico chemical and bioactive properties of honeys from Northwestern Argentina. *LWT – Food Science and Technology*, v. 44, p. 1922-1930, 2011.
- JOLLIFFE, I.T. Principal Component Analysis, 2 ed. New York: Springer-Verlag. 2002. 487p.
- KEKA, S. P.; CHINA, N. L.; YUSOFA, Y. A.; TANB, S. W.; CHUAC, L. S. Total Phenolic Contents and Colour Intensity of Malaysian Honeys from the *Apis* spp. and *Trigona* spp. *Bees. Agriculture and Agricultural Science Procedia*, v. 2, p. 150-155, 2014.

- LACHMAN, J.; ORSÁK, M.; HEJTMÁNKOVÁ, A.; KOVÁROVÁ, E. Evaluation of antioxidant activity and total phenolics of selected Czech honeys. *LWT- Food Science and Technology*, v. 43, n. 1, p. 52–58, 2010.
- MANZANARES, A. B.; GARCÍA, Z. H.; GALDÓN, B. R.; RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ, E. M.; ROMERO, C. D. Physicochemical characteristics and pollen spectrum of monofloral honeys from Tenerife, Spain. *Food Chemistry*, v. 228, p. 441–446, 2017.
- MARCHINI, L. C.; MORETI, A. C. C. C.; OTSUK, I. P. Análise de agrupamento, com base na composição físico-química, de amostras de méis produzidos por *Apis mellifera* L. no Estado de São Paulo. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 25, n. 1, p. 8-17, 2005.
- MARTOS, I.; FERRERES, F.; TOMAS-BARBERAN, F. A. Identification of flavonoid markers for the botanical origin of Eucalyptus honey. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 48, p. 1498-1502, 2000.
- MEDA, A.; LAMIEN, C. E.; ROMITO, M.; MILLOGO, J.; NACOUJMA, O. G. Determination of the total phenolic, flavonoid and proline contents in Burkina fasan honey, as well as their radical scavenging activity. *Food Chemistry*, v. 91, p. 571-577, 2005.
- MOURA, S. G. Boas práticas apícolas e a qualidade do mel das abelhas *Apis mellifera* L. Tese de doutorado. Centro de ciências agrárias. Universidade Federal de Piauí. Piauí, 2010.
- MOUHOUBI-TAFININE, Z.; OUCHEMOUKH, S.; TAMENDJARI, A. Antioxydant activity of some algerian honey and propolis. *Industrial Crops and Products*, v. 88, p. 85-90, 2016.
- MUÑOZ-OLIVAS, R.; CAMARA, C. Speciation related to human health. In: Ebdon, L., Pitts, L., Cornelis, R., Crews, H., Donard, O.F.X., Quevauviller, P. (Eds.), *Trace Element Speciation for Environment, Food and Health*. The Royal Society of Chemistry, Cambridge, UK, p. 331–353, 2001.
- OLAITAN, P. B.; ADELEKE, O. E; OLA, I. O. Honey: a reservoir for microorganisms and an inhibitory agent for microbes. *African Health Sciences*, v. 7, n. 3, p. 159-65, 2007.
- OLIVEIRA, P.S.; MULLER, R.C.S.; DANTAS, K G.F.; ALVES, C.N. Ácidos fenólicos, flavonoides e atividade antioxidante em méis de *Melipona fasciculata*, *M. flavolineata* (Apidae, Meliponini) e *Apis mellifera* (Apidae, Apini) da amazônia. *Química Nova*, v. 35, n. 9, p. 1728-1732, 2012.
- OSÉS, S. M.; PASCUAL-MATÉ, A.; FERNÁNDEZ-MUIÑO, M.A.; LÓPEZ-DÍAZ, T. M.; SANCHO, M. T. Bioactive properties of honey with propolis. *Food Chemistry*, v. 196, p. 1215-1223, 2016.
- PISANI, A., PROTANO, G., RICCOBONO, F. Minor and trace elements in different honey types produced in Siena County (Italy). *Food Chemistry*, 107, 1553– 1560, 2008.
- POPEK, S.; HALAGARDA, M.; KURSA, K. A new model to identify botanical origin of Polish honeys based on the physicochemical parameters and chemometric analysis. *LWT - Food Science and Technology*, v. 77, p. 482-487, 2017.
- RE, R., PELLEGRINI, N., PROTEGGENTE, A., PANNALA, A., YANG, M., RICEEVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology & Medicine*, 26, 1231–123, 1999.
- RIBEIRO, R.O.R.; MÁRSICO, E. T.; CARNEIRO, C. S.; MONTEIRO, M.L.G.; CONTE-JÚNIOR, C.A.; MANO, S.; de JESUS, E.F.O. Classification of Brazilian honeys by physical and chemical analytical methods and low field nuclear magnetic resonance (LF 1H NMR). *LWT - Food Science and Technology*, 55, 90-95, 2014.
- SANTOS, J. S.; SANTOS, N. S; SANTOS, M. L. P.; SANTOS, S. N.; LACERDA, J. J. J. Honey classification from semi-arid, Atlantic and transitional forest zones in Bahia, Brazil. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, v. 19, n. 3, 2008.
- SAXENA, S., GAUTAM, S., SHARMA, A. Physical, biochemical and antioxidant properties of some Indian honeys. *Food Chemistry*. 118, 391–397, 2010.

- SERRANO, S. et al. Chemical and physical parameters of Andalusian honey classification of Citrus and Eucalyptus honeys by discriminant analysis. *Food Chemistry*, v. 87, p. 619–625, 2004.
- SILVA, C. L.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. Caracterização físico-química de méis produzidos no Estado do Piauí para diferentes floradas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 8, n. 2/3, p. 260-265, 2004.
- SILVA, R.N., MONTEIRO, V.N., ALCANFOR, J.X., ASSIS, E.M., ASQUIERI, E. R. Comparação de métodos para a determinação de açúcares redutores e totais em mel. *Ciência Tecnologia de Alimentos* vol.23, no.3, Campinas, 2003
- SINGLETON, V. L.; ORTHOFER, R.; LAMUELA-RAVENTOS, R. M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, v. 299, p. 152-178, 1999.
- STEFANINI, R. Variability and analysis of Italian honeys. *Apiacta*, v. 19, n. 4, p. 109-114, 1984.
- TERRAB, A.; Vega-Pérez, J. M.; Díez, m. j.; Heredia, f. j. Characterization of northwest Moroccan honeys by gas chromatographic-mass spectrometric analysis of their sugar components. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 82, p. 179-185, 2001.
- TORNUK, F.; KARAMAN, S.; OZTURK, I.; TOKER, O. S.; TASTEMUR, B.; SAGDIC, O.; DOGAN, M. Quality characterization of artisanal and retail Turkish blossom honeys: Determination of physicochemical, microbiological, bioactive properties and aroma profile. *Industrial Crops and Products*, v. 46, p. 124-131, 2013.
- WANG, S. Y.; LIN, H. S. Antioxidant activity in fruits and leaves of blackberry, raspberry, and strawberry varies with cultivar and developmental stage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 48, p. 140-146, 2000.
- WELKE, J. E.; REGINATTO, S.; FERREIRA, D.; VICENZI, R.; SOARES, J. M. Caracterização físico-química de méis de *Apis mellifera* L. da região noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. *Ciência Rural*, v. 38, n. 6, 2008.
- WILCZYNSKA, A. Effect of filtration on colour, antioxidant activity and total phenolics of honey. *LWT - Food Science and Technology*, v. 57, p. 767-774, 2014.
- WHITE, J. W.; DONER, L. W. Honey composition and properties, *Beeking in the United States. Agricultura handbook*, n. 335, p. 82-91, 1980.