

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ALIMENTOS
CURSO ENGENHARIA DE ALIMENTOS

DEBORA CRISTINA SEFFRIN

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL ANTIOXIDANTE DO EXTRATO DA
COROA DO ABACAXI OBTIDO POR DIFERENTES MÉTODOS DE
EXTRAÇÃO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MEDIANEIRA

2017

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ALIMENTOS
CURSO ENGENHARIA DE ALIMENTOS

DEBORA CRISTINA SEFFRIN

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL ANTIOXIDANTE DO EXTRATO DA
COROA DO ABACAXI OBTIDO POR DIFERENTES MÉTODOS DE
EXTRAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso Superior de Engenharia de Alimentos do Departamento Acadêmico de Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Câmpus Medianeira, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Alimentos.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Aziza Kamal Genena

MEDIANEIRA

2017

TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado como requisito parcial para a obtenção de grau de Engenheiro de Alimentos, na Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Câmpus Medianeira, avaliado pela banca formada pelos professores:

Prof^a. Dr^a. Aziza Kamal Genena
Orientadora

Prof. Dr. Ilton José Baraldi
Membro da Banca

Prof. Dr. Valdemar Padilha Feltrin
Membro da Banca

Debora Cristina Seffrin
Aluno

O termo de aprovação assinado encontra-se na coordenação do curso.

AGRADECIMENTOS

Gostaria primeiramente de agradecer a Deus, que me iluminou e me deu forças para chegar até aqui.

À minha família, meus pais e minha irmã, que sempre me apoiaram durante todo o período que estive cursando Engenharia de Alimentos. Vocês são o meu maior exemplo e essa conquista é de vocês e por vocês.

Aos meus amigos de longa data que sempre me cederam palavras de apoio, carinho e incentivo durante esse período, meu muito obrigada.

Agradeço a professora orientadora Prof^a. Dr^a. Aziza Kamal Genena, pela orientação e dedicação, que contribuiu muito para elaboração deste trabalho.

Agradeço também a todos os professores que contribuíram para meu aprendizado e me prepararam para o mercado de trabalho.

RESUMO

SEFFRIN, DEBORA C. Avaliação do potencial antioxidante do extrato da coroa do abacaxi obtido por diferentes métodos de extração. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso Engenharia de Alimentos. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus - Medianeira.

O Brasil apresenta-se como um dos maiores produtores mundiais de frutas tropicais. Acompanhado ao consumo e processamento dessas frutas há a geração dos resíduos agroindustriais que contribuem para o aumento da produção do lixo orgânico e provocam graves problemas ambientais. Para o abacaxi, um dos resíduos do processamento da fruta é a sua coroa. Nesse contexto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar os extratos da coroa do abacaxi, obtidos por diferentes métodos e com o uso de diferentes solventes, como possível fonte natural potencial de compostos bioativos com propriedades antioxidantes. Os métodos de extração utilizados foram a maceração e a maceração assistida por ultrassom e, os solventes investigados em cada um dos métodos foram o etanol puro e o etanol 70%. O potencial antioxidante dos extratos foi avaliado pelos métodos DPPH e ABTS. Os resultados obtidos indicaram que o ultrassom não interferiu de forma significativa no potencial antioxidante dos extratos, ao contrário do solvente de extração, para o qual, o solvente hidroalcolólico apresentou resultados significativamente superiores que aqueles obtidos com etanol puro. Para o método MAC-U com etanol 70%, o valor obtido de EC50 para o extrato da casca do abacaxi foi de 4,18 mg.mL⁻¹ para o método DPPH e, TEAC foi de 20,516 ± 0,124 μmol.g⁻¹. Conclui-se que a casca do abacaxi é uma fonte de compostos naturais com capacidade antioxidante, e que seu extrato pode ser considerado como possível alternativa ao uso dos antioxidantes sintéticos. Seu aproveitamento resulta, ainda, na valorização de um resíduo, minimiza a geração de resíduos, e assim corrobora com a sustentabilidade.

Palavras-chave: Reaproveitamento de resíduos. Compostos bioativos. Extração por solventes. Antioxidantes. Sustentabilidade.

ABSTRACT

SEFFRIN, DEBORA C. Evaluation of the antioxidant potential of pineapple crown extract obtained by different extraction methods. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso Engenharia de Alimentos. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus - Medianeira.

Brazil presents itself as one of the world's largest producers of tropical fruits. Accompanied with the consumption and processing of these fruits, there is the generation of agroindustrial waste that contributes to the increase of organic waste production and causes serious environmental problems. In this context, the objective of the present work was to evaluate the reuse of the pineapple crown, one of the fruit processing residues, as a potential natural source of bioactive compounds with antioxidant properties, obtained by different extraction methods. The extracts were obtained by the methods of maceration and ultrasonic assisted maceration, both using ethanol as extraction solvent, in concentrations of 99.5% and 70% for both extraction methods. The antioxidant potential of the extracts was evaluated by the dpph and abts methods. The results indicated that the ultrasound did not significantly interfere in the antioxidant potential of the extracts, as opposed to the extraction solvent, for which the hydroalcoholic solvent presented results significantly higher than those obtained with pure ethanol. For the mac-u method with 70% ethanol, the ec_{50} value for the pineapple peel extract was 4.18 mg.ml^{-1} for the dpph method and, $teac$ was $20,516 \pm 0,124 \text{ } \mu\text{mol.g}^{-1}$. It is concluded that pineapple peel is a source of natural compounds with antioxidant capacity, and that its extract can be considered as a possible alternative to the use of synthetic antioxidants. Its use also results in the valuation of a waste, minimizes the generation of waste, and thus corroborates with sustainability.

Key-words: Reuse of waste. Bioactive compounds. Solvent extraction. Antioxidants. Sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Plantação de abacaxi.....	14
Figura 2 – Fruto inteiro do abacaxizeiro	14
Figura 3 – Porcentagem de inibição do radical DPPH em função da concentração dos extratos, obtidos com etanol puro como solvente de extração.....	34
Figura 4 – Porcentagem de inibição do radical DPPH em função da concentração dos extratos, obtidos com etanol 70% como solvente de extração.	35
Figura 5 – Curva padrão para o método ABTS ^{•+} , com o antioxidante Trolox e suas respectivas diluições com etanol puro.....	37
Figura 6 - Curva padrão para o método ABTS ^{•+} , com o antioxidante Trolox e respectivas diluições com etanol 70%.....	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Massa média de algumas cultivares de abacaxi..	15
Tabela 2 - Valor de EC ₅₀ para o método DPPH*, para cada um dos extratos obtidos da coroa do abacaxi, em função do método e solvente de extração.....	35
Tabela 3 - TEAC para os diferentes extratos da coroa do abacaxi, em função do método e solvente utilizados.....	38

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS	12
2.1 Objetivo Geral.....	12
2.2 Objetivos Específicos.....	12
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
3.1 Abacaxi.....	13
3.1.1 Botânica e descrição da planta.....	13
3.1.2 Coroa do abacaxi.....	15
3.2 Resíduos agroindustriais.....	16
3.3 PROPRIEDADES ANTIOXIDANTES.....	17
3.4 Métodos de extração.....	19
3.4.1 Maceração.....	20
3.4.2 Extração assistida por ultrassom.....	21
4 MATERIAL E MÉTODOS	23
4.1 REAGENTES QUÍMICOS.....	23
4.2 Amostra de estudo.....	23
4.3 Preparo da amostra.....	23
4.4 Métodos de extração.....	24
4.4.1 Maceração (MAC).....	24
4.4.2 Extração assistida por ultrassom (MAC-U).....	25
4.5 <i>CARACTERIZAÇÃO DOS EXTRATOS</i>	25
4.5.2 Análises antioxidantes.....	25
4.6 Análise estatística.....	28
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	29
5.2 Análises antioxidantes.....	29
5.2.1 Método DPPH.....	29
5.2.2 Método ABTS.....	31
6 CONCLUSÃO	35
REFERÊNCIAS	36

1 INTRODUÇÃO

A conscientização da população sobre a relevância do consumo de produtos com componentes capazes de contribuir na valorização da saúde e qualidade de vida tem despertado atenção da indústria para a utilização de matérias-primas naturais de origem vegetal. Como resultado, o progresso da tecnologia, ciência e engenharia de processos de obtenção de produtos com base dessas matérias-primas apresentou crescimento (COELHO, 2015).

O Brasil apresenta-se como um dos maiores produtores mundiais de frutas tropicais, dentre as quais se destacam a manga, maçã, banana, melancia, uva, laranja e abacaxi (IBGE, 2014). Como o processamento de produtos derivados de frutas é grande no Brasil, o país dispõe de uma quantidade expressiva de resíduos oriundos desses processamentos (ROGÉRIO et al., 2007).

A cultura do abacaxi destaca-se na fruticultura devido às suas qualidades que são bastante apreciadas em todo o mundo, mas, especialmente, pela rentabilidade da cultura, incumbido por sua grande demanda e importância econômica (PINHEIRO, 2005).

Este fruto tropical é muito utilizado como matéria-prima para a fabricação de diversos produtos alimentícios, destacando-se a polpa de fruta congelada. Nesse processamento, são gerados resíduos que, quando não tem destino adequado podem tornar-se fonte de poluição. A casca, a medula do fruto, o caule, a coroa e as folhas do abacaxi representam aproximadamente 50% do peso total do fruto, e são apontados como rejeitos pela indústria de polpa de frutas (MIRANDA, 2014). Desses resíduos, aproximadamente 50% corresponde à coroa do abacaxi (ZAMBIAZI et al., 2004).

Estudos têm revelado que resíduos provenientes de certas frutas apresentam atividade antioxidante mais elevada do que a própria polpa, e que o perfil dos fitoquímicos antioxidantes é diferenciado nestas partes do vegetal

(INFANTE et al., 2013), como por exemplo, os resíduos provenientes do processamento da polpa de acerola que apresentaram elevado potencial antioxidante natural (CAETANO et al., 2009).

A utilização de compostos naturais com atividades antioxidantes pode ser uma alternativa para substituição de substâncias sintéticas na indústria de alimentos e farmacêutica, uma vez que a inocuidade de moléculas sintéticas tem sido questionada por causar ou promover efeitos negativos à saúde. Desta forma, pesquisas sobre diferentes extratos de resíduos naturais com propriedades funcionais e com efeitos benéficos à saúde estão sendo intensificadas (CAETANO et al., 2009).

O estudo de alternativas para métodos de extração tem adquirido importante papel na obtenção de produtos e matérias-primas com súplica natural e para uso em formulações de alimentos, fármacos e cosméticos. Além disso, tem como objetivo a redução de tempo de processo, melhorias nos rendimentos e na qualidade final do produto (COELHO, 2015).

Diante deste contexto, no intuito de aproveitar resíduos agroindustriais e, conseqüentemente, minimizar os problemas ambientais e de custos energéticos, o presente trabalho direcionou-se ao estudo do potencial antioxidante de extratos da coroa do abacaxi obtidos por diferentes métodos de extração, com o uso de diferentes solventes.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho foi avaliar o aproveitamento da coroa do abacaxi como fonte natural para obtenção de extratos com potencial antioxidante por dois diferentes métodos de extração e com uso dois solventes diferentes.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Proceder ao preparo da amostra: (separação) das folhas da coroa, higienização e congelamento;
- Realizar a secagem da amostra por meio do processo de liofilização;
- Proceder à obtenção dos extratos por meio dos métodos de maceração e maceração assistida por ultrassom;
- Caracterizar os extratos quanto ao potencial antioxidante pelos métodos DPPH e ABTS;
- Analisar os resultados para definição do método e solvente de extração mais adequado;
- Concluir sobre a possibilidade de aproveitamento da coroa do abacaxi como fonte antioxidante natural.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 ABACAXI

3.1.1 Botânica e descrição da planta

O abacaxi (*Ananas comosus* L. Merrill), pertence à família Bromeliaceae, e é uma monocotiledônea, herbácea e perene, com talo curto e grosso, em torno do qual crescem folhas estreitas, compridas e firmes, quase sempre margeadas por espinhos e dispostas em rosetas. É uma espécie originária do Brasil, de clima tropical e subtropical (MATTA; CORRÊA, 2010).

O Brasil é considerado um dos maiores produtores do abacaxi, e seu plantio é distribuído por todo o país. O maior cultivo localiza-se nas regiões Nordeste e Sudeste do país, todavia, o seu desenvolvimento e a sua produção estendem-se em quase todo o território brasileiro, em virtude do solo e das condições climáticas favoráveis (SILVA et al., 2008).

Dentre as cultivares de abacaxi existentes no mercado brasileiro, como a Smooth Cayenne, Pérola, Havaí e Gold, a cultivar Pérola é a mais aprazível ao consumidor devido às suas particularidades preferidas de doçura, maciez, odor, baixa acidez e sabor satisfatório em comparação a outras cultivares (BERILLI et al., 2011)

O abacaxizeiro (Figura 1) produz um único fruto situado no ápice, em seguida, por meio das ramificações laterais do talo surgem outros frutos, de maneira que sua fase produtiva se estenda por muitos anos (SALES, 2013). No ápice do fruto, apresenta-se uma típica "coroa" de folhas, nascidas de gemas axilares da parte terminal do caule (KHOURI, 2007).



Figura 1 - Plantação de abacaxi
Fonte: Fernandes (2012).

Do fruto inteiro do abacaxizeiro (Figura 2), a polpa exibe cor branca, amarela ou laranja-avermelhada, sendo o peso médio dos frutos de um quilo, dos quais aproximadamente 25% é representado pela coroa (SALES, 2013).

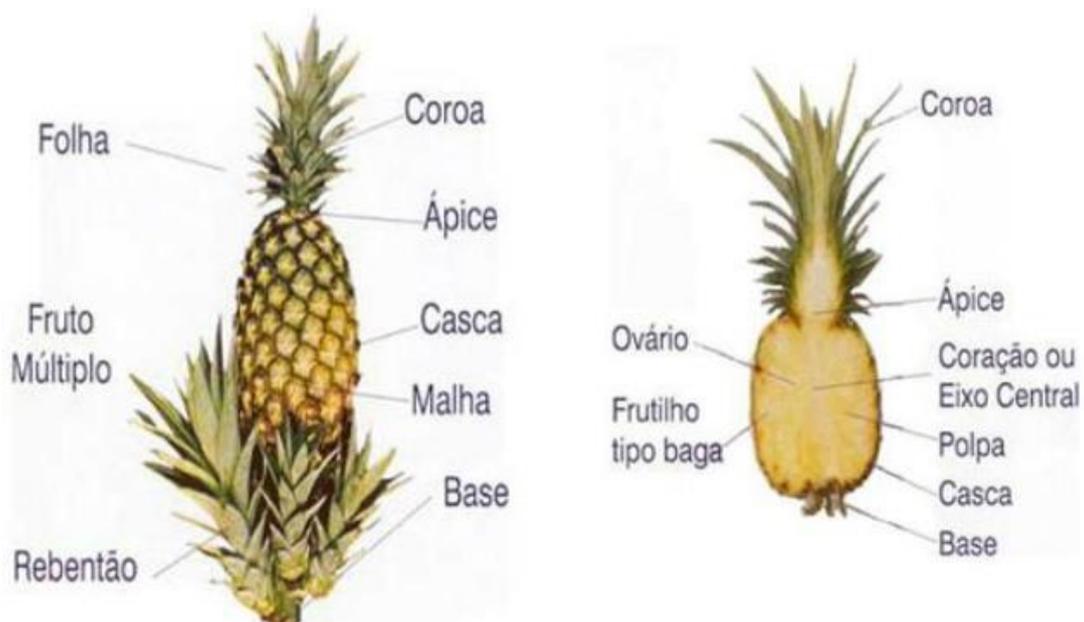


Figura 2 – Partes do abacaxi
Fonte: Sales (2013).

3.1.2 Coroa do Abacaxi

Entende-se por coroa, uma brotação do ápice (ponteiro) do fruto (Figura 2). O uso da coroa como material de plantio fica limitado às regiões onde o fruto é industrializado, uma vez que a principal forma de comercialização do mesmo no Brasil é *in natura* (REINHARDT; CUNHA, 2006).

A coroa representa até 25% do peso do fruto, sendo o peso médio dos frutos de um quilo. Porém, pode ocorrer considerável variação de peso dependendo da cultivar (Tabela 1) (ZAMBIAZI et al., 2004).

Tabela 1 – Massa média de algumas cultivares de abacaxi

Cultivar	Massa média do fruto com "coroa" (g)	"Coroa"	
		Massa média (g)	Comprimento médio (cm)
IAC Gomo-de-mel	1044	77	11
Cayenne	1660	220	16,7
Pérola	1212	121	20,4

Fonte: Zambiasi et al. (2004).

A coroa desenvolve-se durante a formação do fruto, fica inativa (não se desenvolve) quando ele está maduro e volta a desenvolver-se quando plantada (KHOURI et al., 2007).

3.2 RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS

O termo “resíduo” é usado de maneira abrangente, e pode incluir não somente materiais sólidos, mas também, os efluentes líquidos e os materiais presentes nas emissões atmosféricas (ARAÚJO, 2013).

Os resíduos de origem vegetais e animais, proveniente do beneficiamento de alimentos, podem ser considerados resíduos “in natura”. Esses resíduos não integram os produtos como seus componentes (cascas, talos, sementes, coroas) e por esse motivo necessitam ser deles retirados. Resíduos sólidos não são considerados “lixo” pelo fato de que o lixo não possui nenhum tipo de valor, uma vez que este é oriundo apenas do que necessita ser descartado. Os resíduos possuem valor econômico agregado, devido a possibilidade de seu reaproveitamento no próprio processo produtivo (ARAÚJO, 2013).

Estudos comprovam que resíduos podem conter muitas substâncias de interesse econômico e industrial, por apresentarem um alto valor nutricional. Se for utilizada uma tecnologia adequada, este material pode ser convertido em produtos ou matérias-primas para a utilização em subprodutos (LAUFENBERG, 2003). Apresentam em sua composição vitaminas, minerais, fibras e compostos antioxidantes necessários para as funções fisiológicas, além do seu baixo custo, evitando o desperdício de alimentos, gerando uma nova fonte alimentar e agregando valor as matérias-primas que antes eram descartadas (MELOROSE et al., 2015).

No processamento da polpa de frutas do abacaxi, os resíduos como as cascas, talos, coroas e cilindros, são considerados rejeitos pela indústria e se destacam por seus elevados teores de carboidratos, particularmente a pectina, fibras e por um razoável conteúdo proteico (MATTA; CORRÊA, 2010). Pesquisas apontam que estes resíduos seriam capazes de serem aproveitados, aumentando o rendimento do fruto, e diminuindo o custo do produto processado (BATISTA, 2014), além da possibilidade de uso como antioxidante natural.

Vários estudos vêm comprovando a presença de quantidades significativas de fitoquímicos em resíduos de frutas. Pode-se citar o resíduo da goiaba, apresentando potencial antioxidante, com destaque para os polifenóis, a casca da manga que possui mais fibras, vitamina C, proteínas, carboidratos e pectina que a própria polpa (MELOROSE et al., 2015), o extrato de semente de maracujá também apresenta potencial antioxidante e presença de compostos fenólicos (OLIVEIRA, 2015). Esses resíduos podem ser caracterizados como fontes naturais de atividade antioxidante (BATISTA, 2014), e, poderiam ser empregados como substituição de compostos sintéticos, por estes serem prejudiciais à saúde.

Frente à elevada proporção de resíduos de frutas provenientes das indústrias e ao potencial antioxidante, torna-se relevante investigar a capacidade antioxidante da coroa do abacaxi (CAETANO et al., 2009).

3.3 PROPRIEDADES ANTIOXIDANTES

Os antioxidantes podem ser definidos pela capacidade que um composto ou substância possui de retardar ou inibir a degradação oxidativa de substratos oxidáveis, tais como o α -tocoferol, β -caroteno, ascorbato (vitamina C) e flavonoides (BISCAIA, 2007). Os tocoferóis (vitamina E) e os polifenóis solúveis em água são os mais identificados em produtos alimentícios como frutas, vegetais, chá, café e vinho (ROGINSKY; LISSI, 2005).

Os antioxidantes são muito importantes para os alimentos e sistemas biológicos, uma vez que os protegem da oxidação por meio de diferentes mecanismos, como o sequestro de radicais livres, quelando metais, ou atuando como eliminadores de oxigênio (GUINDANI, 2014; MELO et al., 2011).

Os radicais livres são moléculas ou fragmentos que apresentam um ou mais elétrons desemparelhados na sua órbita externa, quase sempre constituídos pela perda ou ganho de elétrons (BISCAIA, 2007), o que torna essa

molécula intensamente reativa quimicamente (OLIVEIRA, 2015). Os radicais livres conseguem agredir as ligações insaturadas de moléculas de lipídios, proteínas, carboidratos e nucleotídeos, provocando a rancificação e *off-flavors* (sabores residuais), e ainda a perda da taxa nutritiva e da durabilidade dos produtos (LOULI et al., 2004).

As substâncias antioxidantes podem ser classificadas como sintéticas ou naturais. Os antioxidantes sintéticos precisam apresentar-se como sendo seguros para a saúde, perante a legislação, quando forem usados em alimentos. São exemplos de antioxidantes sintéticos o butil-hidroxianisol (BHA), o butil-hidroxitolueno (BHT), o terc-butilhidroquinona (TBHQ) e o galato de propila (GP) (GUINDANI, 2014). No entanto, foi comprovada uma relação entre toxicidade e efeitos cancerígenos em antioxidantes sintéticos, e com isso o interesse na atividade antioxidante de produtos naturais foi intensificado (ALIAKBARLU; TAJIK, 2012).

Em relação aos antioxidantes naturais, os principais compostos antioxidantes presentes nos alimentos são os compostos fenólicos, dentre eles, o ácido ascórbico, vitamina E, e β -caroteno são os que mais se ressaltam nos alimentos (DUARTE-ALMEIDA et al., 2006).

A determinação da atividade antioxidante de um composto pode ser indicada por meio de diferentes métodos, que permitem selecionar as substâncias ou misturas potencialmente interessantes (DUARTE, 2006). Devido ao fato de existirem diferentes tipos de radicais livres e diferentes formas de atuação nos organismos vivos, há diversos métodos capazes de revelar o potencial antioxidante natural de um composto, e por isso, se faz necessário o uso de mais de um método para essa avaliação, a fim de que os resultados sejam mais precisos e quantitativos (ALVES et al., 2010). Dentre os métodos para avaliação de capacidade antioxidante pode-se destacar o sistema de co-oxidação do β -caroteno/ácido linoleico e métodos de sequestro de radicais livres, tais como DPPH (2,2-difenil-1-picrilidrazina) (DUARTE-ALMEIDA et al., 2006) e ABTS [2,2'-azinobis (3- etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico)] (RE et al., 1999).

O método DPPH é baseado na redução do radical DPPH (coloração violeta) que, ao fixar hidrogênio radicalar (removido do antioxidante), muda de coloração, tornando-se amarelo e, portanto, passa a absorver em comprimento de onda diferente, podendo esta mudança ser mensurada espectroscopicamente (RUFINO et al., 2007). O método ABTS é baseado na habilidade do antioxidante em sequestrar os radicais ABTS (RE et al., 1999).

É indispensável avaliar o método de extração, pois este pode influenciar diretamente sobre o teor de antioxidantes presentes nos alimentos (BORGUINI, 2006). Desta maneira, se torna fundamental a identificação das condições tecnológicas utilizadas para preservar ou melhorar a atividade e a disponibilidade destes compostos bioativos presentes no extrato.

3.4 MÉTODOS DE EXTRAÇÃO

Extração é uma das operações unitárias mais utilizadas na indústria de alimentos. É empregada principalmente para obtenção dos componentes pretendidos, que estão retidos na matriz do alimento. As substâncias obtidas na extração podem ser usadas como aditivos alimentares ou para realizar algum efeito característico na saúde humana. A técnica utilizada na obtenção de extratos de produtos naturais interfere diretamente na sua qualidade e sua composição final. Aspectos como qualidade e composição dos extratos dependem tanto do solvente utilizado como do método aplicado (OLIVEIRA, 2015).

A extração dos compostos com características bioativas é um dos estágios mais críticos em estudos com produtos naturais (XYNOS et al., 2012), pois sua eficiência depende de várias características, entre elas, o tipo de amostra, tipo de substâncias a serem extraídas, localização em que as substâncias se encontram na amostra (MUSTAFA; TURNER, 2011), tipo de solvente extrator (XYNOS et al., 2012), método de extração e temperatura de

extração (GALANAKIS et al., 2010), entre outros. Geralmente para extrair compostos fenólicos, que são considerados compostos polares utiliza-se água, etanol ou uma mistura de água e etanol (BISCAIA, 2007).

A extração de substâncias biologicamente ativas pode ocorrer, por exemplo, por meio de técnicas convencionais de extração como a maceração (BISCAIA, 2007), ou ainda por processos alternativos como a extração assistida por ultrassom (COELHO, 2015).

3.4.1 Maceração

A maceração é um método de extração convencional muito utilizado devido à simplicidade e baixo custo. É uma extração sólido-líquido, que consiste em deixar a matéria-prima em contato com um solvente orgânico por um determinado tempo, sob agitação repentina, com o intuito de extrair os compostos de interesse. É executado em temperatura ambiente, recipiente fechado, durante um período pré-estabelecido sem renovação do líquido extrator. Não conduz ao esgotamento da matéria-prima vegetal, seja devido à saturação do líquido extrator ou ao estabelecimento de um equilíbrio difusional entre o meio extrator e o interior da célula (MELECCHI, 2005).

Esse processo depende da polaridade do líquido extrator e da natureza da matéria-prima utilizada (solubilidade dos compostos, tamanho da partícula, grau de umidade e quantidade em massa). A velocidade com que se alcança o equilíbrio é função do tamanho da partícula de matéria-prima e do grau de inchamento das células, assim como da viscosidade e da polaridade do solvente. A maceração é o método adotado quando os princípios ativos podem sofrer modificação pelo calor ou pela presença de oxigênio e são solúveis à temperatura ambiente, em um solvente orgânico. O processo de maceração pode refazer-se diversas vezes, sendo o processo conhecido como maceração múltipla, empregando diferentes solventes (OLIVEIRA, 2015).

Há uma variedade de solventes que são utilizados nesta técnica, como os álcoois metílico, etílico e propílico, hexano, clorofórmio, acetato de etila, acetona, entre outros. Esse método é comumente aplicado nas indústrias químicas, farmacêuticas e de alimentos para a produção de extratos diversos (BISCAIA, 2007).

3.4.2 Extração assistida por ultrassom

O desenvolvimento da tecnologia de ultrassom de alta intensidade tem ampliado o uso desta tecnologia em muitas indústrias (ABDULLAH; KOC, 2013). Em busca de melhorar a eficiência da extração pela redução do tempo de extração, do consumo de solvente e de energia, a extração assistida por ultrassom pode ser uma alternativa apropriada (GOULA, 2013; FANG et al., 2014).

A extração assistida por ultrassom é uma metodologia relativamente nova, que dispõe de ondas ultrassônicas de alta frequência, consideradas superiores à capacidade auditiva humana, ou seja, acima de 20 kHz. As ondas sonoras se reproduzem na matéria por meio de ciclos de compressão e expansão, de maneira que as moléculas do meio se aproximem e se afastem repetidas vezes. Estas ondas sonoras criam uma oscilação na pressão do líquido empregado no processo, provocando cavitação (SHALMASHI et al., 2009).

No decorrer da propagação das ondas ultrassônicas em meio líquido, ocorre agitação do solvente como efeito mecânico, aumentando a superfície de contato entre o solvente e o sólido. A agitação produz também um aumento de temperatura que beneficia a solubilidade e difusividade de compostos no meio. A combinação desses fenômenos aumenta a transferência de massa e faz com que ocorra uma mudança no equilíbrio de fases, diminuindo o tempo exigido para a extração, comparado com o mesmo processo na ausência de ultrassom. Porém, o efeito do ultrassom no processo de extração depende da frequência e

da potência do equipamento e do tempo utilizado para a extração (MA et al., 2008).

Esta técnica raramente é usada como um meio isolado na indústria, mas, como um coadjuvante, auxiliando no funcionamento de outros processos para homogeneização e emulsificação de amostras, aceleração de reações, rompimento de estrutura celular e, conseqüentemente, tratamento de água e extração de substâncias, transesterificação para obtenção de biodiesel, dispersão de tinturas na indústria de tintas e pigmentos (COELHO, 2015).

A extração por ultrassom tem como vantagens a alta reprodutibilidade da técnica, a oportunidade de utilização para uma vasta faixa de tamanho da amostra, a velocidade no processamento da amostra, simplicidade do equipamento e economia no custo, redução do tempo e da temperatura de extração e conseqüentemente, tem-se um aumento no rendimento e na eficiência de extração (LUZ, 1998; OLIVEIRA, 2015).

Em relação ao solvente, o uso do etanol na extração assistida por ultrassom, é uma alternativa ao uso de n-hexano, como solvente menos tóxico e menos agressivo ao meio ambiente, revelando eficiência de extração comparável ao n-hexano (SAXENA et al., 2011).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 REAGENTES QUIMICOS

Os reagentes DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazil), ABTS (2,2"-azino-bis(3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico)sal diamônio) e Trolox (6-hidroxi-2,5,7,8- tetrametilcromano-2-ácido carboxílico), foram adquiridos na Sigma-Aldrich. Os demais reagentes: álcool etílico P.A., e persulfato de potássio foram de grau analítico.

4.2 AMOSTRA DE ESTUDO

Os abacaxis foram adquiridos em comércio local na cidade de Medianeira. A variedade escolhida foi a Pérola, devido ao fato desta ser a de maior comercialização na região.

4.3 PREPARO DA AMOSTRA

Inicialmente procedeu-se com a retirada manual da coroa dos abacaxis, cujas folhas foram destacadas, higienizadas com hipoclorito e com água corrente. Na sequência, as folhas foram secas com papel absorvente, dispostas uniformemente em formas de alumínio (finas camadas de aproximadamente 1,5 cm), e congeladas em freezer doméstico à -18 °C por 48 h. Após o congelamento foram submetidas à secagem pelo processo de

liofilização (Labconco, Freezone 6), por 24 horas à uma temperatura de 60 °C, e mais 24 horas à uma temperatura de 40 °C.

Após a secagem, as amostras foram trituradas em moinho de facas (Solab, SL 31) com peneira de 30 mesh e armazenadas em sacos de polietileno em freezer doméstico a -18 °C até sua utilização.

4.4 MÉTODOS DE EXTRAÇÃO

Foram utilizados dois processos de extração: o método convencional de maceração (MAC) e a extração por maceração assistida por ultrassom (MAC-U). Para ambos os métodos, foram investigados os solventes etanol puro e etanol 70%.

4.4.1 Maceração (MAC)

A extração pelo processo de maceração (MAC) foi realizada de acordo com a metodologia proposta por CUNHA et al. (2004). A extração foi conduzida à temperatura ambiente, na qual, em erlenmeyer, amostra foi colocada em contato com o solvente (25 g amostra: 100 mL etanol puro; 20 g amostra: 200 mL etanol 70%). Os frascos foram mantidos fechados e ao abrigo da luz por 45 minutos sob agitação mecânica em Shaker (Solab, SL 221).

O extrato obtido foi filtrado e posteriormente acondicionado em frascos âmbar e armazenados sob refrigeração até sua utilização.

4.4.2 Extração assistida por Ultrassom (MAC-U)

A técnica para a extração por maceração assistida por ultrassom (MAC-U) foi conduzida da mesma forma anteriormente descrita no item 5.3.1, porém complementada com o uso do ultrassom. O erlenmeyer com a mistura amostra e solvente foi, durante o período da extração por maceração, assistido pelo tratamento em banho indireto com ultrassom (Elma[®], Elmasonic P120H) de acordo com parâmetros descritos por Freitas (2007). A extração foi conduzida à temperatura ambiente durante um tempo de 45 minutos, com banho ultrassônico a uma frequência 37 kHz e potência de 60 W. O extrato obtido foi filtrado e armazenado sob refrigeração até sua utilização.

4.5 CARACTERIZAÇÃO DOS EXTRATOS

Para a caracterização dos extratos foram realizadas análises antioxidantes, como segue.

4.5.1 ANÁLISES ANTIOXIDANTES

A atividade antioxidante dos extratos foi determinada por meio de dois diferentes métodos de sequestro de radicais livres: DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo) e ABTS [2,2-azino-bis- (3-etilbenzotiazolina-6- ácido sulfônico)].

Método DPPH

A metodologia foi realizada de acordo com Mensor et al. (2001). O extrato foi diluído para diferentes concentrações finais. Em seguida, 1 mL da solução de DPPH (0,3 mM) foi adicionada a 2,5 mL das soluções da amostra nas diferentes concentrações. As amostras foram agitadas, e mantidas por 30 minutos em local escuro, à temperatura ambiente. Posteriormente foi realizada leitura de absorvância em espectrofotômetro (HACH, DR2700) a 517 nm. Para o branco, foi misturado 1,0 mL de etanol e 2,5 mL da solução do extrato, e para o controle, 1,0 mL de solução DPPH foi adicionada em 2,5 mL etanol. Os valores de absorvância medidos foram convertidos em porcentagem de inibição do radical DPPH de acordo com a Equação 1.

$$\% \text{ de inibição} = 100 - \left\{ \frac{[(Abs_{AMOSTRA} - Abs_{BRANCO}) \times 100]}{Abs_{CONTROLE}} \right\} \quad (1)$$

O valor do EC₅₀, referente à concentração de extrato com 50% de atividade sequestrante sobre o DPPH•, foi calculado por regressão linear do gráfico no qual a abcissa representou a concentração de extrato testada e a ordenada representou a média das triplicatas para o percentual de inibição do radical DPPH.

Método ABTS^{•+}

O método ABTS^{•+} foi conduzido de acordo com a metodologia descrita por Re et al. (1999). Uma solução estoque de ABTS 7 mM foi preparada pela dissolução de ABTS em água destilada. O radical cátion ABTS^{•+} foi produzido

pela reação da solução estoque ABTS (7 mM) com 2,45 mM de persulfato de potássio, e a mistura foi mantida em repouso à temperatura ambiente e na ausência de luz, por 12-16 horas antes do uso.

Após esse período de reação a solução foi diluída em etanol até obter-se, em um comprimento de onda de 734 nm, uma medida de absorvância de $0,70 \pm 0,01$, para obtenção da solução ABTS^{•+}. Para o ensaio, alíquotas de 10 mL de extrato (ou padrão, ou branco) foram adicionadas com 1 mL da solução ABTS^{•+}, e mantidas sob abrigo da luz por 6 minutos. Após esse período, a absorvância foi lida à 734 nm. Para o branco, ao invés do extrato, utilizou-se o solvente de extração.

A capacidade antioxidante total da amostra foi calculada em relação à atividade do antioxidante sintético Trolox, nas mesmas condições, e os resultados foram expressos em capacidade antioxidante equivalente ao Trolox ($\mu\text{mol TEAC/g}$ de amostra). A curva padrão do antioxidante comercial Trolox foi plotada em função da porcentagem de inibição do radical ABTS pelas diferentes concentrações de Trolox ($\mu\text{M.mL}^{-1}$). Desta forma, obteve-se a porcentagem de inibição do extrato analisado, e foi possível calcular a atividade antioxidante (AA) em termos de porcentagem de inibição do radical, conforme a Equação 2.

$$\% \text{ de inibição} = \left(1 - \frac{\text{Abs}_{\text{AMOSTRA}}^{734 \text{ nm}}}{\text{Abs}_{\text{BRANCO}}^{734 \text{ nm}}} \right) \times 100 \quad (2)$$

4.6 ANALISE ESTATÍSTICA

Todas as análises foram realizadas em triplicata e os dados experimentais obtidos foram avaliados por meio das médias das triplicatas. Para comparação entre as médias foi usado o teste de Tukey a um nível de significância de 5%.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 ANÁLISES ANTIOXIDANTES

5.1.1 Método DPPH

Os efeitos da concentração de cada um dos extratos da coroa do abacaxi, obtidos por maceração (MAC) e maceração assistida por ultrassom (MAC-U), em função da porcentagem de inibição do radical DPPH, para os solventes de extração etanol puro e etanol 70%, estão apresentados nas Figuras 3 e 4 respectivamente.

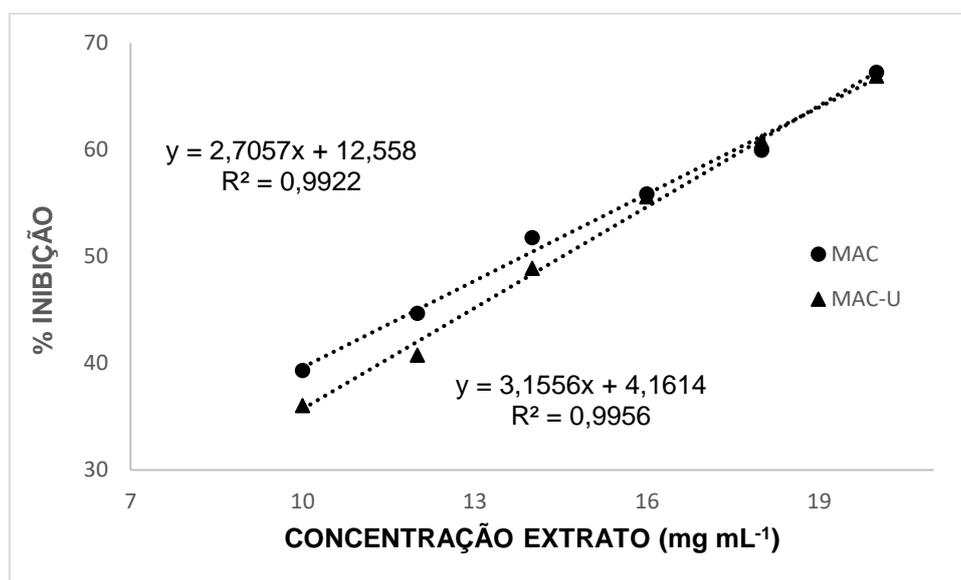


Figura 3 – Porcentagem de inibição do radical DPPH em função da concentração dos extratos, obtidos com etanol puro como solvente de extração.

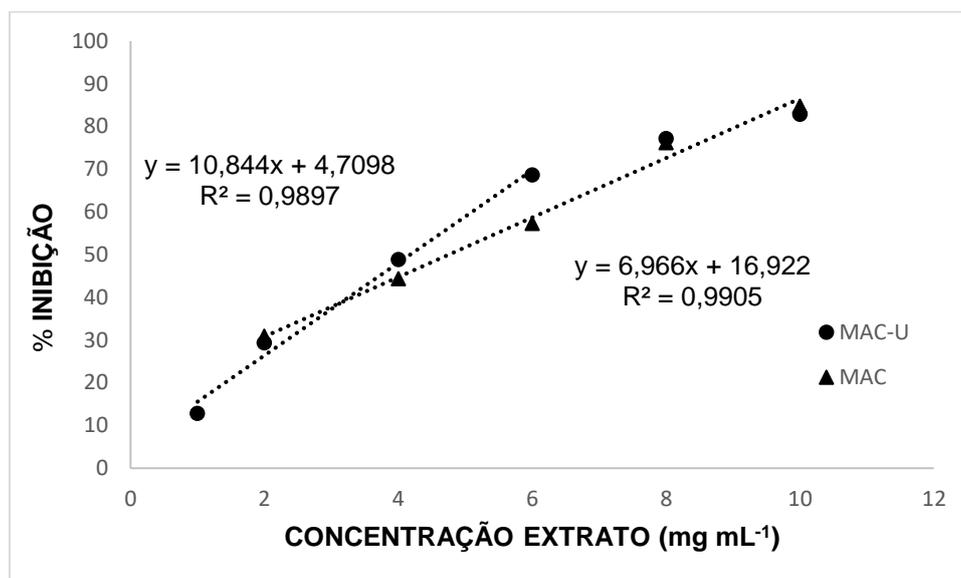


Figura 4 – Porcentagem de inibição do radical DPPH em função da concentração dos extratos, obtidos com etanol 70% como solvente de extração.

A concentração de cada extrato capaz de inibir 50% do radical livre DPPH (EC_{50}) foi determinada por meio de regressão linear dos dados apresentados nas Figuras 3 e 4, e estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 2 – Valor de EC_{50} para o método DPPH*, para cada um dos extratos obtidos da coroa do abacaxi, em função do método e solvente de extração.

Método Extração	Solvente			
	Etanol Puro		Etanol 70%	
	MAC-U	MAC	MAC-U	MAC
EC_{50} (mg mL ⁻¹)	14,53	13,84	4,18	4,75

Como citado anteriormente, o EC_{50} representa a concentração de extrato necessária para inibir 50% dos radicais livres DPPH, o que significa que, quanto menor for o valor de EC_{50} , maior será a capacidade antioxidante da

amostra analisada, pois uma menor quantidade de extrato é necessária para uma inibição de 50% do radical.

Observa-se que (Tabela 3) para um mesmo solvente, praticamente não houve interferência no EC_{50} para os diferentes métodos de extração investigados, ou seja, o uso do ultrassom no método de extração por maceração não interferiu, ou interferiu pouco, no resultado.

Já a comparação dos diferentes solventes para um mesmo método de extração, seja MAC ou MAC-U, indicou que o etanol 70% como solvente de extração resultou em um extrato mais eficiente na inibição dos radicais livres de DPPH que aquele obtido com uso de etanol puro como solvente, com menor valor de EC_{50} e, portanto, maior atividade antioxidante, de 2,9 a 3,5 vezes superior que os extratos obtidos com etanol puro, para os métodos MAC-U e MAC, respectivamente.

Em estudo de Sousa et al. (2011), os extratos hidroalcoólicos dos resíduos da polpa de abacaxi resultaram em valor de EC_{50} 3,29 mg mL⁻¹ para o método DPPH, valor da mesma ordem de magnitude do encontrado no presente trabalho para a coroa do abacaxi, quando comparado à extração MAC-U com solvente etanol 70%, que foi de 4,18 mg mL⁻¹, o que indica que dentre os resíduos de processamento do abacaxi, a coroa tem potencial antioxidante, pelo método DPPH, próximo ao resíduo da polpa.

5.1.2 Método ABTS

Esta metodologia está diretamente relacionada com o padrão do antioxidante Trolox, e, os resultados são calculados em função do mesmo.

Nas Figuras 5 e 6 estão apresentadas as curvas padrão, de porcentagem de inibição do radical ABTS em função da concentração de Trolox, diluído com etanol puro e etanol 70%, respectivamente, para as quais foi obtido ajuste bastante satisfatório, com R^2 superior a 0,99.

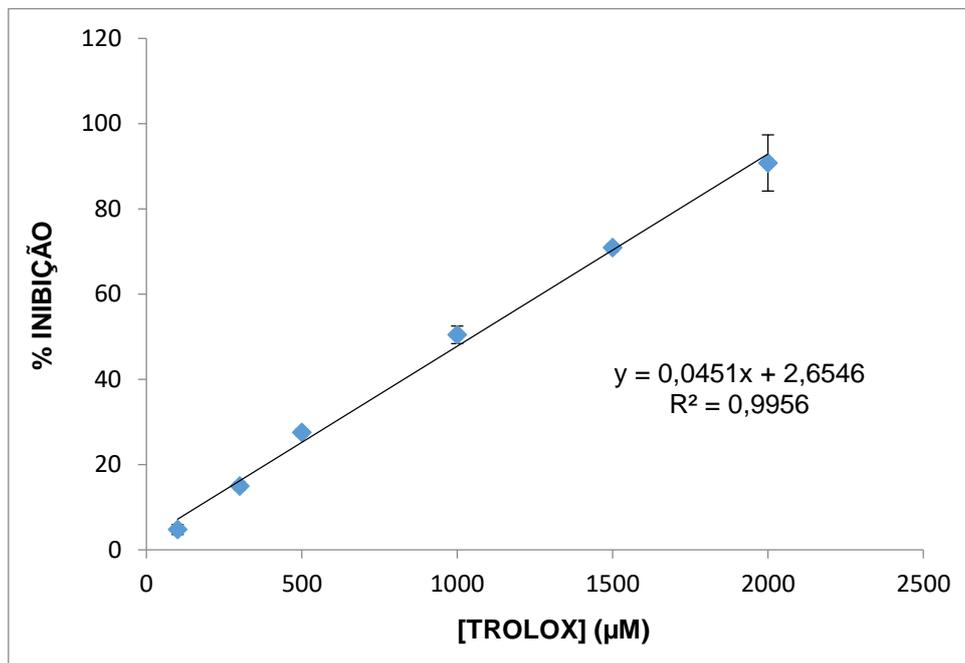


Figura 5 – Curva padrão para o método ABTS*+, com o antioxidante Trolox e suas respectivas diluições com etanol puro.

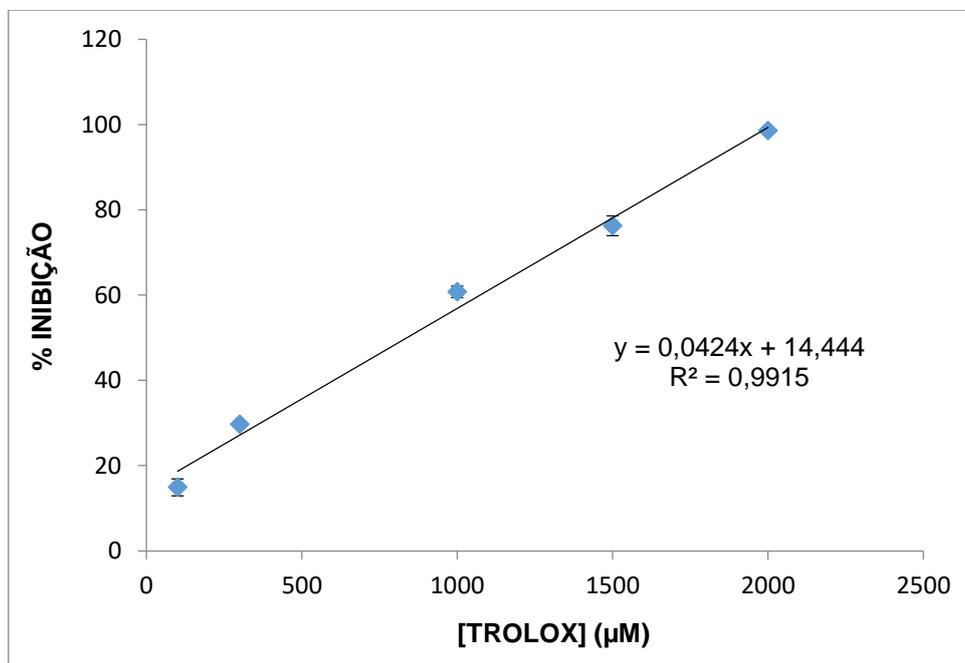


Figura 6 – Curva padrão para o método ABTS*+, com o antioxidante Trolox e suas respectivas diluições com etanol 70%.

Para cada um dos extratos investigados, os resultados da capacidade antioxidante equivalente ao Trolox (TEAC) estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 3 – TEAC para os diferentes extratos da coroa do abacaxi, em função do método e solvente utilizados.

	Solvente de Extração			
	Etanol Puro		Etanol 70%	
	MAC-U	MAC	MAC-U	MAC
TEAC ($\mu\text{mol g}^{-1}$)	6,425 \pm 0,050 ^a	6,447 \pm 0,035 ^a	20,516 \pm 0,124 ^b	20,399 \pm 0,371 ^b

Obs.: letras iguais indicam que, no nível de 5% de significância, não há diferença entre as médias.

Os resultados da atividade antioxidante pelo ensaio ABTS estão expressos como valor TEAC (capacidade antioxidante total do composto equivalente ao Trolox) (TABELA 4), que é definido como a concentração de Trolox que apresenta o mesmo percentual de inibição que uma concentração de 1 mM do composto de referência. Assim, quanto maior o valor TEAC, mais forte é o potencial antioxidante.

A partir da análise da Tabela 4, observa-se que o valor de TEAC foi independente (não houve diferença significativa) do método de extração utilizado e, portanto, o uso do ultrassom na extração por maceração não interferiu no resultado. Já para os diferentes solventes utilizados, o solvente hidroalcolico (etanol 70%) foi significativamente melhor que o etanol puro, com resultados pelo menos 3 vezes superiores.

Em estudos realizados por Soares et al. (2008), resultados próximos aos obtidos no presente trabalho (com o solvente etanol 70%) foram obtidos para a atividade antioxidante ($25,46 \pm 0,39 \mu\text{mol.g}^{-1}$) de bagaço de maçã da variedade Gala. Já, Balestro et al. (2011) determinaram o TEAC em farinhas obtidas a partir

dos resíduos de maçã de $24,4 \pm 0,1 \mu\text{mol.g}^{-1}$. Bergamashi (2010), comparou a capacidade antioxidante pelo método ABTS, de diferentes resíduos, e encontrou que para a casca do maracujá, o TEAC foi de $23,21 \mu\text{mol.g}^{-1}$ de resíduo. Observa-se assim que, o resíduo investigado nesse presente estudo apresentou potencial antioxidante em termos de TEAC, de nível de importância similar à outros resíduos como o da maçã e maracujá.

O fato do extrato hidroalcoólico (etanol 70%) apresentar melhores resultados que o extrato alcoólico (etanol puro), é explicado no estudo de Spigno et al. (2007), o qual caracteriza as misturas de solventes e água sendo mais eficientes para a extração de fenólicos do que o sistema de solvente único. Este fato é suportado pelo aparecimento de derivados de glicosídeos de alguns compostos fenólicos que ocorrem naturalmente em materiais de plantas, sendo estes mais solúveis em água. De acordo com alguns autores, a adição de água em alguns solventes tais como metanol, etanol e acetona, cria um meio mais polar que facilita a extração de compostos fenólicos (MARTINS et al., 2012; SHAHIDI et al., 2004).

6 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos nas condições de realização desta pesquisa permitem inferir que os dois diferentes sistemas de solventes utilizados na extração afetaram significativamente o potencial antioxidante dos extratos da coroa do abacaxi, e que o solvente hidroalcoólico (etanol 70%) foi o mais eficaz na obtenção de compostos bioativos de maior potencial. O uso do ultrassom, nas condições apresentadas, como complemento ao método de maceração, por sua vez, não implicou em alteração nos resultados de potencial antioxidante dos extratos.

A coroa do abacaxi, um resíduo industrial atualmente descartado pelas indústrias, mostrou-se como uma fonte potencial para obtenção de extratos naturais com capacidade antioxidante, os quais podem ser utilizados em substituição aos antioxidantes sintéticos. O seu aproveitamento resulta na obtenção de produto com valor agregado para a indústria, além de minimizar a geração de resíduos, com benefícios para qualidade do meio ambiente e sustentabilidade.

Os extratos da coroa do abacaxi obtidos com o uso do solvente etanol 70% na extração apresentaram potencial antioxidante significativamente superior ao uso do etanol puro, o que permite sugerir o seu uso, e sugestão de uma investigação mais completa para avaliação da sua inocuidade e confirmação da possibilidade de uso pela indústria de alimentos.

REFERÊNCIAS

ABDULLAH, M.; KOC, A.B. Kinetics of ultrasound-assisted oil extraction from black seed (*Nigela sativa*). **Journal of Food Processing and Preservation**, v.37, p. 814- 823, 2013.

ALIAKBARLU, J.; TAJIK, H. Antioxidant and antibacterial activities of various extracts of *Borago officinalis* flowers. **Journal of Food Processing and Preservation**, v.36, p. 539-544, 2012.

ALVES, C. Q.; DAVID, J. M.; DAVID, J. P.; BAHIA, M. V.; AGUIAR, R. M. Métodos para determinação de atividade antioxidante in vitro em substratos orgânicos. **Química Nova**, v. 33, n. 10, p. 2202-2210, 2010.

ARAÚJO, M. L. DE. **Utilização de resíduos agroindustriais para a produção de enzimas**. 98f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2013.

Balestro, E. A., Sandri, I. G., & Fontana, R. C. (2011). Utilização de bagaço de uva com atividade antioxidante na formulação de barra de cereais. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, 13(2), 203–209

BATISTA S. I. S. **Propriedades nutricionais e funcionais de resíduos de abacaxi, acerola e cajá oriundos da indústria produtora de polpas**. 166 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais), UESB, Itapetinga, BA, 2014.

BERGAMASHI, K. B. Capacidade antioxidante e composição química de resíduos vegetais visando seu aproveitamento. Dissertação (Mestrado), Escola superior de agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2010.

BERILLI, S. da S.; ALMEIDA, S. B.; CARVALHO, A. J. C. de; FREITAS, S. de; BERILLI, A. P. C. G.; SANTOS, P. C. dos. Avaliação sensorial dos frutos de cultivares de abacaxi para consumo *in natura*. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, p. 592–598, 2011.

BISCAIA, D. Comparação entre tecnologia supercrítica e técnicas convencionais de extração para obtenção de extratos de própolis avaliados através de suas atividades biológicas. **Journal of Chemical Information and Modeling**, v. 53, p.1689–1699, 2007.

BORGUINI, R. G. **Avaliação do potencial antioxidante e de algumas características físico-químicas do tomate (*Lycopersicon esculentum*) orgânico em comparação ao convencional**. 178 f. Tese (Programa de pós-graduação em Saúde Pública), Faculdade de Saúde Pública, São Paulo, 2006.

CAETANO, A. C.; MELO, E. A.; LIMA, V. L. A. G.; MACIEL, M. I. S.; ARAÚJO, C. R. Extração de antioxidantes de resíduos agroindustriais de acerola. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.12, p.155–160, 2009.

COELHO, R. A. **Obtenção de óleo de sementes de quiuí (*actinidia deliciosa*) utilizando extração com solvente pressurizado e extração assistida com ultrassom**. 75f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2015.

CUNHA, I.B.S.; SAWAYA, A.C.H.F.; CAETANO, F.M.; SHIMIZU, M.T.; MARCUCCI, M.C.; DREZZA, F.T.; POVIA, G.S.; CARVALHO, P.O. Factors that Influence the Yield and Composition of Brazilian Propolis Extracts. **Journal Braz. Chem. Soc.**, v.15, n.6, p.964-970, 2004.

DUARTE-ALMEIDA, J.M.; SANTOS, R.J.; GENOVESE, M.I.; LAJOLO, F.M. Avaliação da atividade antioxidante utilizando sistema β -caroteno/ácido linoleico e método de sequestro de radicais DPPH. **Ciência e Tecnologia Alimentos**, Campinas, SP, v. 26, p. 446-452, 2006.

FANG, X.; WANG, J.; WANG, Y.; LI, X.; ZHOU, H.; ZHU, L. Optimization of ultrasonic-assisted extraction of wedelolactone and antioxidant polyphenols from *Eclipta prostrata* L. using response surface methodology. **Separation and Purification Technology**, v.138, p. 55-64, 2014.

FERNANDES, R. I. M. **Desenvolvimento e caracterização de compósitos de fibras naturais modificadas e híbridos: fibras da coroa do abacaxi/polipropileno e fibras da coroa do abacaxi/fibras de vidro/polipropileno**. p. 1–103, 2012.

FREITAS, L. S. **Desenvolvimento de procedimentos de extração de óleo de sementes uva e caracterização química dos compostos extraídos**. 205f. Tese (Doutorado em Química), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

GALANAKIS, C. M.; TORNBERG, E.; GEKAS, V. Recovery and preservation of phenols from olive waste in ethanolic extracts. **Journal of Chemical Technology and Biotechnology**, v. 85, p. 1148–1155, 2010.

GOULA, A. M. Ultrasound-assisted extraction of pomegranate seed oil. **Journal of Food Engineering**, v.117, p. 492-498, 2013.

GUINDANI, C. **Emprego da Tecnologia supercrítica para a valorização do resíduo de semente de chia (*Salvia hispanica*)**. 156f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos), Universidade Federal de Santa Catarina, SC, p.1–156, 2014.

IBGE – **INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA**. Pesquisa Agrícola Municipal 2014, Rio de Janeiro, IBGE, 2013.

INFANTE, J.; SELANI, M. M.; TOLEDO, N. M. V.; SILVEIRA-DINIZ, M. F.; ALENCAR, S. M.; SPOTO, M. H. F. Atividade antioxidante de resíduos agroindustriais de frutas tropicais. **Alimentos e Nutrição**, v.24, n.1, p.87-91, 2013.

KHOURI, A. G. **Análise de resíduos de atrazina e simazina em abacaxi no estado de Goiás**. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Produção Sustentável), Goiânia, Universidade Católica de Goiás, GO, p. 62, 2007.

LAUFENBERG, G. Transformation of vegetable waste into added products: (A) the upgrading concept; (B) practical implementations. **Bioresource Technology**, v.87, n.2, p.167-198. 2003.

LOULI, V.; RAGOUSSIS, N.; MAGOULAS, K. Recovery of phenolic antioxidants from wine industry by-products. **Bioresource Technology**, v. 92, n. 2, p. 201-208, 2004.

LUZ, L. P. DA. **Estudo do ultrassom como técnica de extração de carvões e**

caracterização dos hidrocarbonetos poliaromáticos. 88f. Dissertação (Mestrado em Química), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RG, 1998.

MA, Y.; YE, X.; FANG, Z.; CHEN, J.; XU, G.; LIU, D. Phenolic compounds and antioxidant activity of extracts from ultrasonic treatment of Sastsuma mandarin (*Citrus unshiu Marc.*) peels. **Journal Agric. Food Chem.**, v. 56, p. 5682-5690, 2008.

MARTINS, S, A.; TEIXEIRA, C, N.; MUSSATTO, S, I. Bioactive compounds recovery from *Larrea tridentate* leaves by solvents extraction. **Separation and Purification Technology**, v. 88, p. 163-167, 2012.

MATTA, V.; CORRÊA, C. Avaliação sensorial de bolo com resíduo de casca de abacaxi para suplementação do teor de fibras. **Alimentos E Nutrição**, v.21, n.3, p.377–383, 2010.

MELECCHI, M. I. S. **Caracterização química de extratos de *Hibiscus tiliaceus* L: estudo comparativo de métodos de extração.** 88f. Tese (Doutorado em Química), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2005.

MELO, P. S.; BERGAMASCHII, K. B.; TIVERON, A. P.; MASSARIOLI, A. P.; OLDONI, T. L. C.; ZANUS, M. C.; PEREIRA, G. E.; ALENCAR, S. M. Composição fenólica e atividade antioxidante de resíduos agroindustriais. **Ciência Rural**, v. 41, p.1088- 1093, 2011.

MELOROSE, J.; PERROY, R.; CAREAS, S. Caracterização nutricional e avaliação do potencial antioxidante de farinhas obtidas de resíduos de frutas. **Statewide Agricultural Land Use Baseline**, p.70, 2015.

MENSOR, L. L. et al. Screening of brasilian plant extracts for antioxidant activity by the use of DPPH free radical method. **Phytotherapy Research**, v. 15, n. 2, p. 127-130, 2001.

MIRANDA, I. K. S. P. B. **Obtenção, caracterização e atividade antitumoral in vitro de bromelina de diferentes partes de abacaxizeiros.** 79f. Dissertação (Mestrado em Recursos genéticos vegetais), Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2014.

MUSTAFA, A.; TURNER, C. Pressurized liquid extraction as a green approach in food and herbal plants extraction: A review. **Analytica Chimica Acta**, v. 703, p.8– 18, 2011.

OLIVEIRA, D. A. DE. Aplicação das tecnologias supercrítica e convencionais para o reaproveitamento dos resíduos do processamento de maracujá (*Passiflora edulis f.*). **Uma Ética Para Quantos?**, v. XXXIII, p. 81–87, 2015.

PINHEIRO, A. C. M.; BOAS, E. V.B.; LIMA, L.C. Influência do CaCl₂ sobre a qualidade pós-colheita do abacaxi c.v. Pérola. **Ciência tecnologia de alimentos**, v.25, n.1, p.32-36, jan/fev. 2005.

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 and Medicine**, v. 26, p. 1231–1237, 1999.

REINHARDT, D. H. R. C.; CUNHA, G. A. P. Propagação do Abacaxizeiro/ Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. **Embrapa Informação Tecnológica**. 2. ed. Brasília, DF, 2006.

ROGÉRIO, M. C. P.; BORGES, I.; NEIVA, J. N. M.; RODRIGUEZ, N. M.; PIMENTEL, J. C. M.; MARTINS, G. A.; RVALHO, F. C. Nutritive value of pineapple by-product (*Ananas comosus* L.) in diets for sheep. Intake, apparent digestibility, energetic and nitrogenous balance. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária E Zootecnia**, v. 59, p. 773–781, 2007.

ROGINSKY, V.; LISSI, E.A. Review of methods to determine chain-breaking antioxidant activity in food. **Food Chemistry**, 92, 235-254, 2005.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre ABTS -+ . ISSN 1679-6535, Fortaleza, CE, 2007.

SALES, A. M. Estudo do aproveitamento da polpa e das cascas do abacaxi (*Ananas comosus* L.) para obtenção do álcool etílico. **Journal of Chemical Information and Modeling**, v. 53, p.1689–1699, 2013.

SAXENA, D.; SHARMA. S.K.; SAMBI, S.S. Comparative extraction of cottonseed

oil by n-hexane and ethanol. **ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences**, v. 6, 2011.

SHAHIDI, F. Antioxidants in food and food antioxidants. **Narhung**, v.44, p.158, 2000.

SHALMASHI, A. Ultrasound-assisted extraction of oil from tea seeds. **Journal of Food Lipids**, v.16, p. 465-474, 2009.

SILVA, J. M. Da; SILVA, J. P.; SPOTO, M. H. F. Características físico-químicas de abacaxi submetido à tecnologia de radiação ionizante como método de conservação pós-colheita. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.28, p.139–145, 2008.

SOUSA, M. S. B.; Lima de A.; Fenólicos totais e capacidade antioxidante in vitro de resíduos de polpas de frutas tropicais. **Braz. J. Food Technol.**, Campinas, v. 14, n. 3, p. 202-210, jul./set. 2011.

SPIGNO, G.; TRAMELLI, L.; DE FAVERO, D. M. Effects of extraction time, temperature and solvent on concentration and antioxidant activity of grape marc phenolics. **Journal of Food Engineering**, Amsterdam, v. 81, p. 200-208, 2007

XYNOS, N.; PAPAEFSTATHIOU, G.; PSYCHIS, M.; ARGYROPOULOU, A.; ALIGIANNIS, N.; SKALTSOUNIS, A. L. Development of a green extractio procedure with super/subcritical fluids to produce extracts enriched in oleuropein from olive leaves. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 67, p. 89– 93, 2012.

ZAMBIAZI, R. U. I. C.; ROSANE, C.; MENDONÇA, B. Abacaxi: produção, mercado e subprodutos. **B. Ceppa**, Curitiba, v. 22, p.405–422, 2004.