



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE

ESCOLA DE QUÍMICA E ALIMENTOS

ENGENHARIA DE ALIMENTOS

Elisiane de Souza Alves

Roberta Garcia Domingues

**ELABORAÇÃO DE HIDROGEL ENERGÉTICO
ADICIONADO DE EXTRATO DE
HIBISCO (*Hibiscus sabdariffa*)**

Orientadora: Prof^a. Dra. Vilásia Guimarães Martins

Rio Grande, 2017.

Elisiane de Souza Alves
Roberta Garcia Domingues

ELABORAÇÃO DE HIDROGEL ENERGÉTICO ADICIONADO DE EXTRATO DE HIBISCO (*Hibiscus sabdariffa*)

Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal do Rio Grande, como requisito para obtenção do título de Engenharia de Alimentos.

Orientadora: Prof^a. Dra. Vilásia Guimarães Martins

Rio Grande, 2017.

Elisiane de Souza Alves
Roberta Garcia Domingues

ELABORAÇÃO DE HIDROGEL ENERGÉTICO ADICIONADO DE EXTRATO DE HIBISCO (*Hibiscus sabdariffa*)

Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia de Alimentos
da Universidade Federal do Rio Grande, como requisito para
obtenção do título de Engenharia de Alimentos.

Aprovado em ____ de _____ de _____.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Vilásia Guimarães Martins – FURG
Orientadora

Prof^a. Dr^a Myriam Salas Mellado – FURG
Examinadora

Prof^a Dr^a Andréia Menezes Lopes – FURG
Examinadora

Representante da Coordenação do Curso de Engenharia de Alimentos - FURG
Examinadora

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaríamos de agradecer a Deus por todos os momentos vividos nessa jornada, por nos dar forças e confiança para continuar tentando.

Aos nossos pais Ernesto e Sandra, José e Arlete, e aos nossos irmãos por todo apoio, carinho e, sobretudo por todo incentivo e encorajamento nos momentos difíceis, sem vocês certamente esse dia não chegaria.

Eu, Elisiane agradeço a família Passos, por ter me acolhido como filha, dando carinho e incentivo, em especial a minha amiga/irmã Ana Paula.

Eu, Roberta agradeço ao meu esposo Gabriel por todo amor, carinho e paciência, por estar ao meu lado com um ombro amigo em todos os momentos e por todo auxílio dado ao nosso trabalho.

Aos nossos familiares e amigos por entenderem nossa ausência em alguns momentos, pois muitas vezes foram necessários.

À Prof^a. Dra. Vilásia Guimarães Martins pela orientação, sugestões e críticas dadas ao longo deste ano e por aceitar participar deste momento tão importante.

Às professoras Myriam Mellado, Andrea Lopes, Ana Paula Brizio e Jaqueline Buffon pela assistência e contribuições ao trabalho, sempre dispostas a ajudar no que fosse necessário.

Aos professores Mauricio Garim e Álvaro Figueira que disponibilizaram os laboratórios para realizarmos nossas análises.

Ao nosso colega Francisco Leal por nos ajudar nas análises, nosso muito obrigado por tua atenção e disponibilidade.

Aos colegas do LTA, Gabriel, Camila, Viviane, Paola e Sabrine por sempre nos ajudar nas dúvidas que surgiam ao longo das análises.

Aos nossos colegas por todos os momentos difíceis e alegres que passamos juntos ao longo dessa engenharia.

Eu, Elisiane, agradeço a minha dupla Robertinha pelos anos de amizade, parceria e muitas histórias durante toda engenharia, certamente sem seu apoio, incentivo e dedicação seria muito mais difícil.

Eu, Roberta, agradeço a minha dupla Lisi pela amizade desses anos de engenharia, pelos desafios que enfrentamos juntas ao longo da graduação e no TCC. Muito obrigado pela parceria, apoio e paciência.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	1
2.	OBJETIVO.....	3
2.1.	Objetivos específicos.....	3
3.	REVISÃO DE LITERATURA.....	4
3.1.	Hidrogéis	4
3.2.	Amido de arroz	4
3.3.	Gelatinização do amido	5
3.4.	Pectina	6
3.5.	Compostos fenólicos.....	7
3.6.	Hibisco.....	8
3.7.	Suplementos Nutricionais - Hidrogéis energéticos	9
4.	METODOLOGIA	11
4.1.	Material.....	11
4.2.	Métodos.....	11
4.2.1.	Extração dos compostos fenólicos do hibisco	11
4.2.2.	Quantificação dos compostos fenólicos	12
4.2.3.	Análise de atividade antioxidante.....	12
4.2.3.1.	Determinação da atividade antioxidante total pela captura do radical livre DPPH..	12
4.2.3.2.	Determinação da atividade antioxidante total pela captura do radical livre ABTS ..	13
4.2.3.3.	Determinação da atividade antioxidante total pelo método de redução do ferro.....	13
4.2.4.	Elaboração dos hidrogéis adicionados de proteína e carboidrato	14
4.3.	Caracterização dos hidrogéis.....	15
4.3.1.	Sinérese	15
4.3.2.	Reologia	15
4.3.3.	Força de gel.....	16
4.3.4.	Poder Calorífico.....	16
4.3.5.	Análise Estatística dos Resultados	16
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
5.1.	Sinérese	17
5.2.	Reologia	18
5.3.	Força de gel.....	21
5.4.	Poder Calorífico.....	22
5.5.	Quantificação dos compostos fenólicos	23
5.6.	Atividade antioxidante.....	24
5.6.1.	Determinação da atividade antioxidante total pela captura do radical livre DPPH..	24
5.6.2.	Determinação da atividade antioxidante total pela captura do radical livre ABTS ..	25
5.6.3.	Determinação da atividade antioxidante total pelo método de redução do ferro.....	25
6.	CONCLUSÃO	27

7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	28
----	---------------------------------	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Formulação dos hidrogéis.....	14
Tabela 2- Formulações testadas nos hidrogéis adicionados de pectina e de extrato fenólico de hibisco	14
Tabela 3 – Resultados das análises da força de gel.	21
Tabela 4- Valor calorífico dos hidrogéis comerciais e do hidrogel formulado.	23
Tabela 5- Resultados para a atividade antioxidante utilizando o método DPPH.	24
Tabela 6- Resultados para a atividade antioxidante pelo método ABTS.	25
Tabela 7- Resultados para a atividade antioxidante pelo método do poder redutor	25

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Sinérese dos hidrogéis	17
Figura 2- Comportamento reológico entre o hidrogel formulado e a amostra comercial VO ₂	19
Figura 3- Comportamento da viscosidade em função da taxa de deformação do hidrogel formulado.....	20
Figura 4- Comportamento da viscosidade em função da taxa de deformação segundo Yousefi (2014).	21

RESUMO

A população tem se preocupado cada vez mais com a saúde, em vista disso tem aumentado a busca por produtos que auxiliem no melhor desempenho ao realizar exercícios físicos. O presente trabalho teve por objetivo desenvolver um hidrogel energético adicionado de extrato de hibisco utilizando como fonte de carboidrato o amido de arroz, bem como avaliar e comparar as características tecnológicas dos hidrogéis formulados e hidrogéis comerciais. Utilizou-se três metodologias distintas (DPPH, ABTS e FRAP) a fim de verificar a atividade antioxidante no extrato fenólico de *Hibiscus sabdariffa*, no hidrogel formulado e no hidrogel formulado com adição de 3 e 5% de extrato fenólico. Para o método DPPH o hidrogel adicionado de extrato fenólico apresentou atividade antioxidante com cerca de 50% de inibição quando comparado ao extrato. No método ABTS a adição do extrato ao hidrogel aumentou em 79% a capacidade antioxidante. Na realização do FRAP um terço dos compostos antioxidantes se manteve no produto final com adição do extrato fenólico. Testou-se formulações para o desenvolvimento do hidrogel com diferentes concentrações de proteínas (P), carboidratos (CHO) (75% P: 25% CHO, 50% P: 50% CHO, 25% P: 75% CHO, 100% CHO, 100% P) e extrato fenólico do hibisco (concentrações de 3% a 5% da massa total do gel). As análises de sinérese foram realizadas no hidrogel formulado, onde com a adição de 1 g de pectina foi possível uma redução de 46%, assim como análises reológicas, em que o fluido foi definido como pseudoplástico, e de força de gel (para os parâmetros de dureza, viscosidade, flexibilidade e coesividade) foram verificadas no hidrogel formulado e nos hidrogéis comerciais (VO₂ e Carb UP). Avaliou-se o poder calorífico do hidrogel formulado o qual apresentou um resultado de 1,76 kcal/g de hidrogel, sendo considerado um repositor energético por conter 83% de carboidrato. Concluímos que o produto elaborado apresentou propriedades antioxidantes e energéticas, sendo atraente para indivíduos usarem em suas praticas esportivas. Além disso, se torna vantajoso, pois se tem um aproveitamento do amido de arroz, obtido da quirera considerado subproduto da indústria de alimentícia, o que agrega valor ao produto.

Palavras chaves: amido de arroz, antioxidantes, repositor energético .

1. INTRODUÇÃO

Nosso organismo necessita de nutrientes para exercer corretamente suas funções, sendo estes divididos entre os macros e os micronutrientes que são fundamentais para a manutenção de uma boa saúde. Os macronutrientes são aqueles que compõem a maior parte da alimentação, são responsáveis por fornecer a energia necessária para manter o bom funcionamento do corpo. No grupo dos macronutrientes encontram-se os carboidratos, as proteínas e os lipídeos.

Os carboidratos são uma das principais fontes para produção de energia, sendo responsáveis por diversas funções do metabolismo. Este macronutriente é encontrado em abundância na maior parte de alimentos como grãos, vegetais e açúcares (MCARDLE, KATCH e KATCH, 2003).

Os carboidratos são importantes substratos energéticos para a contração muscular durante o exercício prolongado realizado sob intensidade moderada/alta e em exercícios de alta intensidade e curta duração. A utilização de estratégias nutricionais envolvendo a ingestão de uma alimentação rica em carboidratos antes da prática de exercícios físicos aumentam as reservas de glicogênio, tanto muscular quanto hepático, levando a melhora no desempenho físico. A ingestão de carboidratos durante o esforço físico ajuda na manutenção da glicemia retardando a fadiga e quando utilizado ao final do exercício físico visa repor o estoque de energia esgotado e garantir a recuperação muscular (ROGATTO, 2003).

O amido é um carboidrato abundante na natureza e pode ser facilmente extraído com alta pureza e baixo custo. Além do valor nutritivo, o amido pode ser utilizado nos alimentos com outras finalidades, tais como, agente espessante, conferir estabilidade em condições de arrefecimento e congelamento, aumentar a adesividade, aumentar a transparência, melhorar a textura de pastas e géis e modificar as características de cozimento (CEREDA, 2001).

O grânulo de amido é constituído por dois polissacarídeos, a amilose e a amilopectina, este pode ser submetido ao processo de formação do gel, que consiste no aquecimento de uma solução de amido-água até temperatura de 60-70°C. Durante esse fenômeno ocorre a ruptura das estruturas cristalinas do grânulo de amido, o qual absorve água e intumescce irreversivelmente, adquirindo tamanho maior que o original. Após a gelatinização do amido, quando a temperatura é reduzida à temperatura ambiente, ocorre um rearranjo das moléculas por ligações de hidrogênio, fator que favorece a recristalização (PARKER e RING, 2001).

Os repositores energéticos encontrados no mercado incluem géis de carboidratos, que são comercializados em sachês, bebidas carboidratadas e barras de cereais (ACSM, 2009). Além de diferirem na forma física, os repositores energéticos comercializados diferem quanto à composição de nutrientes (proteínas, lipídios, fibras e carboidratos) e também aos tipos de açúcares (glicose, frutose, sacarose, dextrose e maltodextrina) (ROMBALDI, SAMPEDRO, 2001).

Os requisitos específicos para os repositores energéticos são de que nesse produto no mínimo 75% do valor energético total deve ser proveniente dos carboidratos, podendo conter vitaminas do complexo B até o limite de 100% da Ingestão Diária Recomendada (IDR) (ANVISA, 2008).

A crescente preocupação com a saúde da população tem aumentado a demanda por produtos naturais, em vista disso, a procura por compostos antioxidantes naturais tem recebido maior atenção por parte dos pesquisadores e da indústria de alimentos. Os compostos antioxidantes obtidos de produtos naturais podem ajudar o corpo humano a se proteger contra os danos causados pelas espécies reativas ao oxigênio, associadas com doenças degenerativas (SHAHIDI; NACZK, 2005).

Em decorrência da busca por alimentos ricos em compostos fenólicos e conseqüentemente com alta atividade antioxidante, a indústria alimentícia vem utilizando os benefícios do *H. sabdariffa*, aproveitando tanto suas folhas quanto o cálice, que é a parte da corola composta pelas pétalas de intensa coloração vermelha (MARQUES *et al.*, 2004), sendo esta utilizada para a elaboração de alimentos, como fonte natural de corantes (CARAMEZ, 1999).

O presente trabalho teve por objetivo a elaboração de um hidrogel energético, adicionando-se ao mesmo extrato de *Hibisco sabdariffa* que visa proporcionar propriedades antioxidantes ao produto.

2. OBJETIVO

Desenvolver um hidrogel energético adicionado de extrato de hibisco utilizando como fonte de carboidrato o amido de arroz.

2.1. Objetivos específicos

- Desenvolver um hidrogel utilizando o amido de arroz como matéria-prima principal;
- Avaliar o potencial antioxidante pela adição de extrato de hibisco nas concentrações de 3 e 5%.
- Avaliar e comparar as características tecnológicas entre o hidrogéis formulados e hidrogéis comerciais;
- Verificar o valor energético do hidrogel produzido;

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Hidrogéis

Os hidrogéis são definidos como polímeros superabsorventes constituídos por uma ou mais redes tridimensionais estruturadas, formadas por cadeias macromoleculares interligadas por ligações covalentes ou interações físicas, que podem reter uma quantidade significativa de água dentro de sua própria estrutura e inchar, sem que ocorra a dissolução do mesmo (RUI et al., 2007, AOUADA et al., 2008, OVIEDO et al., 2008). Os hidrogéis são capazes de reter entre 20-100% de água em relação ao peso total, porém quando a quantidade de água ultrapassa 100% estes hidrogéis são denominados hidrogéis superabsorventes. A absorção e a difusão de solutos através da rede polimérica do hidrogel é determinada pelo intumescimento apresentado pelo mesmo (BLANCO; REGO; HUGLIN, 1994).

A quantidade de água adsorvida pelos hidrogéis geralmente está relacionada com a hidrofiliabilidade das cadeias e a densidade do agente de reticulação utilizado na síntese (KRUŠIĆ; MILOSAVLJEVIC; FILIPOVOC, 2011). Devido a sua capacidade de absorver grande quantidade de água sem se dissolver, o produto torna-se aplicável em diversos setores das indústrias de alimentos, farmacêutica e na agricultura (ORÉFICE e VILANOVA, 2010).

Na indústria alimentícia os polissacarídeos, ágar, dextrana, quitosana e alginato, têm sido muito utilizados na formação de hidrogéis (ZHANG *et al.*, 2005). Seu uso é especificamente devido ao seu poder ligante, espessante, aglutinante ou estabilizante em diversas formulações alimentares (SEBIO, 2003).

As propriedades dos hidrogéis à base de amido, variam conforme parâmetros como o tipo de amido, fonte, processo de gelatinização e a presença de aditivos plastificantes e/ou reticulantes (QUISPE, 2003).

3.2. Amido de arroz

O amido é o mais abundante carboidrato de reserva em plantas, constituindo-se também em uma importante fonte energética para a alimentação humana. Amilose e amilopectina são os dois componentes macromoleculares dos grânulos de amido. Além da sua importância nutricional, o amido apresenta importante papel tecnológico em alimentos processados (SANDHU; SINGH; KAUR, 2004). As fontes comerciais de amido mais importantes são os grãos de cereais, onde o amido representa de 40% a 90% do peso seco

do grão, sendo que no grão de arroz, o amido chega a constituir 90% do peso seco (BAO *et al.*, 2004).

O amido é considerado um produto de grande potencial não só para a alimentação humana e animal, mas também para a indústria. A exploração deste potencial depende do conhecimento de suas propriedades quanto à estrutura, forma, absorção de água, solubilidade, inchamento e viscosidade (CEREDA *et al.*, 2002).

O grânulo do amido de arroz é o menor quando comparado com os demais cereais. Em média, seu tamanho varia entre 3 μm e 8 μm e possui forma poligonal irregular (ZHOU *et al.*, 2002). O amido é um polímero com massa molecular elevada, formado de unidades de D-glucopiranosose unidas por ligações glicosídicas, que compreende duas frações de homopolímeros: amilose e amilopectina (BULÉON *et al.*, 1998)

A grande maioria dos amidos contém de 20 a 30% de amilose e de 70 a 80% de amilopectina, esta relação irá depender da fonte botânica, o que confere características específicas ao amido (CEREDA *et al.*, 2002). O amido de arroz possui teores mais baixos de amilopectina quando comparado com outras fontes de amido, tais como, milho e o trigo (ZHOU *et al.*, 2002). O teor de amilose está correlacionado com as propriedades de textura, tais como, maciez, coesão, cor, brilho e volume de expansão (FERREIRA *et al.*, 2005).

A absorção de água, expansão do volume e resistência do grão estão diretamente relacionadas com a proporção amilose/amilopectina do amido, que normalmente ocorre nos cereais de 1:3, respectivamente. Assim, esta composição nutricional acaba tendo ligação direta com o tipo de beneficiamento e preparo a que o grão de arroz será submetido (BASSINELLO; ROCHA; COBUCCI, 2004).

Industrialmente o amido de arroz vem sendo usado como ingrediente de ração animal, em vinícolas e cervejarias e em menores proporções para “pet foods” (SHIH *et al.*, 1999). Também têm sido utilizados como ingrediente para produção de cereais matinais, produtos hipoalergênicos, fórmulas infantis e alimentos com baixa caloria (LUNDUBWONG; SEIB, 2000).

3.3. Gelatinização do amido

A gelatinização do amido é influenciada por alguns fatores incluindo o conteúdo de água no gel, conteúdo de amilose, grau de cristalinidade da fração de amilopectina e o comprimento das cadeias de amilopectina (ZHOU *et al.*, 2002).

O aquecimento de suspensões de amido em excesso de água (maior que 60%) causa uma transição irreversível denominada gelatinização. Quando as moléculas de água possuem energia cinética suficiente para superar as pontes de hidrogênio entre as moléculas de amilose e amilopectina, a hidratação ocorre, o que causa o intumescimento do

grânulo. Ao continuar a expansão, o grânulo se rompe, liberando a amilose para a fase aquosa e iniciando a gelatinização (ZHOU *et al.*, 2002).

Yeh e Li (1996), ao estudar microscopicamente o grau de ruptura dos grânulos de amido de arroz em diferentes temperaturas, observaram que o inchamento dos grãos de amido ocorreu à partir de 60 °C e que, à 65 °C, 11,4% dos grânulos estavam rompidos. Os mesmos autores encontraram 97,2% dos grânulos rompidos à 80 °C. Walters *et al.* (2006) estudaram temperaturas de gelatinização do amido de 70 variedades de arroz cultivadas em diferentes países e encontraram temperaturas de gelatinização que variaram entre 62 °C e 82 °C.

3.4. Pectina

A pectina é um polissacarídeo constituinte da parede celular de plantas dicotiledôneas, responsável pela adesão entre as células e pela resistência mecânica da parede celular (MUNHOZ; SANJINEZ-ARGANDOÑA; SOARES JÚNIOR, 2010). A pectina também é responsável na firmeza dos vegetais, característica que se estabelece durante o seu crescimento, amadurecimento, armazenamento e processamento (MESBAHI, JAMALIAN, FARAHNAKY, 2005).

Estruturalmente, as moléculas de pectina são constituídas de uma cadeia linear de unidades repetidas de (1→4)- α -D-ácido galacturônico, sendo que parte destas unidades apresenta-se esterificada, como éster metílico. As cadeias de resíduos galacturonato são, porém, interrompidas por unidades de (1→2)- α -L-ramnose, às quais estão ligadas cadeias laterais, formadas por açúcares neutros. Essas cadeias laterais são responsáveis pela união das moléculas de pectina à matriz polissacarídica da parede celular vegetal (HWANG; PYUN; KOKINI, 1993).

Naturalmente, a pectina está associada à celulose, hemicelulose e lignina, sendo designada enquanto nesta forma de protopectina, podendo ser extraída do mesocarpo da maioria dos frutos cítricos. As fontes mais usuais para a extração de pectina comercial são os albedos cítricos e o bagaço de maçã (GNANASAMBANDAM, PRACTOR, 1999).

Dependendo da fonte de extração, as pectinas apresentam características diferentes, tais como, grau de esterificação, tamanho das partículas, conteúdo de açúcares, teor de cinzas, propriedades reológicas, entre outros, tendo, conseqüentemente, propriedades funcionais diferentes (solubilidade, capacidade e condição de gelificação). Atualmente, existem inúmeras pesquisas sobre a extração de pectina de diferentes fontes, ressaltando-se o aproveitamento dos resíduos de indústrias (MELLO *et al.*, 2006).

A importância da pectina na tecnologia e no processamento de alimentos está associada à sua função de conferir firmeza, retenção de sabor e aroma, bem como ao seu papel como hidrocolóide na dispersão e estabilização de diversas emulsões (GANCZ, ALEXANDER, CORREDIG, 2006). Além disso, a pectina em alimentos é geralmente destinada a auxiliar na formação de géis que são amplamente usados na produção de gomas, geleias, produtos lácteos, entre outros (WILLATS, KNOX, MIKKELSEN, 2006).

A formação de gel é a principal característica funcional da pectina e depende essencialmente das características do meio, como: pH, teores de sólidos solúveis e cátions divalentes e do seu grau de metoxilação (CHO; HWANG, 2000). As pectinas são subdivididas em função do grau de metoxilação, as pectinas com grau de metoxilação superior a 50% são denominadas pectinas com alto teor de metoxilas (ATM), e aquelas com grau de metoxilação inferior a 50% são as pectinas com baixo teor de metoxilas (BTM) (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2014).

Um dos fatores mais importantes que influencia a solubilidade da pectina, ou seja, a tendência para a formação de gel, é a temperatura. Ao esfriar uma solução quente que contém pectina, os movimentos térmicos das moléculas diminuem e a sua tendência à combinação em uma rede de gel aumenta. Qualquer sistema que contém pectina em condição potencial de gelificação tem uma temperatura limite acima da qual a gelificação nunca ocorrerá. Abaixo dessa temperatura crítica, as pectinas BTM irão gelificar quase que instantaneamente, enquanto que a gelificação de pectinas do tipo ATM dependerá do fator tempo, ou seja, o tempo necessário para chegar-se à temperatura na qual a gelificação ocorre. Ao contrário das pectinas BTM, os géis formados por pectinas ATM são termorreversíveis (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2014).

3.5. Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos podem ser encontrados em diversas fontes vegetais, tais como, frutas, flores e ervas. Sendo que a composição dos polifenóis nos alimentos pode variar com o tipo, época de colheita, fatores do meio ambiente, processamento e armazenamento (MANACH *et al.*, 2004). Os dois grupos principais de polifenóis são os ácidos fenólicos e os flavonoides. Os ácidos fenólicos podem ser classificados em ácidos benzóicos, e derivados, e ácidos cinâmicos, e derivados. Os flavonoides possuem como subclasses principais os flavonóis, flavonas, flavanonas, isoflavonas e flavanóis (SATO *et al.*, 1996).

Os compostos fenólicos são originados do metabolismo secundário das plantas, sendo importantes para o mecanismo de defesa e reprodução, e se formam com maior abrangência em condições de estresse como, infecções, ferimentos, radiações UV, dentre outros (NACZK e SHAHIDI, 2004). Em alimentos, aqueles que possuem estruturas

de flavonoides são responsáveis pela cor, adstringência, aroma (PELEG *et al.*, 1998) e estabilidade oxidativa (NACZK e SHAHIDI, 2004).

Os compostos fenólicos, entre outras funcionalidades, possuem efeito inibidor em sistemas enzimáticos, tal como a peroxidase, que é uma enzima presente em diferentes seres vivos com a função de proteger as células de possíveis danos e sua atividade se manifesta, principalmente, em situações de desequilíbrios físico-químicos do sistema. A presença da peroxidase nos alimentos resulta em perdas no aroma, cor e nutrientes. Por isso, vários pesquisadores têm trabalhado na separação, identificação, quantificação e utilização dos compostos fenólicos em alimentos (OLIVEIRA *et al.*, 2007).

Os compostos fenólicos estão entre os compostos bioativos mais potentes e abundantes na natureza, os quais podem ser obtidos a partir de resíduos agroindustriais e plantas (ARCAN; YEMENICIOGLU, 2011). Logo, a aplicação dos mesmos torna-se uma boa alternativa para substituir os conservantes químicos e sua utilização em alimentos atende as expectativas dos consumidores por produtos naturais, proporcionando benefícios para o alimento e para o consumidor (BURT, 2004).

Os compostos fenólicos agem como antioxidantes não somente pela sua habilidade em doar hidrogênio ou elétrons, mas também devido de seus radicais intermediários estáveis, que impedem a oxidação de vários ingredientes do alimento, particularmente de ácidos graxos e de óleos (CUVELIER, RICHARD E BERSET, 1992).

De forma geral, denominam-se antioxidantes as substâncias que presentes em baixas concentrações, comparadas ao substrato oxidável, retardam significativamente ou inibem a oxidação do substrato. Os radicais formados a partir de antioxidantes não são reativos para propagar a reação em cadeia, sendo neutralizados por reação com outro radical, formando produtos estáveis ou podem ser reciclados por outro antioxidante (ATOUI *et al.*, 2005)

3.6. Hibisco

O hibisco é um arbusto de ciclo anual, podendo atingir mais de 1,80m de altura, pouco ramificado, com a forma de taça e tonalidade vermelha (McCALEB, 1998). Sua corola é composta por cinco sépalas de intensa coloração vermelha em forma de cone que forma o cálice. Na base do cálice está o cálculo ou o pequeno cálice disposto em círculo (CASTRO *et al.*, 2004). A cápsula deiscente é o fruto que possui aspecto aveludado e cerca de 2 cm de comprimento, abrigando as sementes (MAHADEVAN, SHIVALI e KAMBO, 2009).

O *Hibiscus sabdariffa* (Malvaceae) é conhecido popularmente como hibisco, sendo esta uma planta medicinal utilizada principalmente como anti-hipertensivo e redutor

de colesterol. Por ser rico em antocianinas, vitamina C, licopeno, betacaroteno e polifenóis, possui atividade antioxidante no sequestro de radicais livres, de modo a auxiliar no tratamento de doenças degenerativas (MACIEL, 2011).

Há um grande interesse no estudo de substâncias antioxidantes, devido às descobertas sobre os efeitos de seus radicais livres no organismo. A ação desses radicais livres pode ser retardada e/ou bloqueada por substâncias naturais e sintéticas (RAMOS, 2011).

As flores do hibisco são muito populares na África Ocidental e Sul da Ásia, estas são utilizadas para fazer chás que apresentam um sabor amargo com aroma característico, suas pétalas também são comercializadas sob a forma de geléias (LIN et al., 2012), bebidas (AHMED; ABOZED, 2014), molhos, compotas e doces (PATEL, 2014), entre outros. O extrato de hibisco quando consumido com moderação não produz efeitos tóxicos e é seguro. Introduzido no setor de alimentos, o hibisco vem sendo utilizado como fibra dietética, antioxidante e corante (PATEL, 2014; DA-COSTA-ROCHA et al., 2014).

3.7. Suplementos Nutricionais - Hidrogéis energéticos

Segundo a ANVISA (2008) os Alimentos para Atletas estão divididos em 7 categorias, sendo estas: repositores hidroeletrolítico para atletas, repositores energéticos para atletas, suplemento proteico para atletas, suplemento alimentar para atletas em situações especiais, compostos nitrogenados e outras substâncias para atletas, suplemento de creatina para atletas e suplemento de cafeína para atletas.

Hirschbruch e Carvalho (2008) definem a suplementação nutricional como o consumo pontual de um nutriente objetivando determinado efeito. Esta é uma prática justificável quando o indivíduo não consegue, através da alimentação, atender suas necessidades nutricionais, o que pode ocorrer com indivíduos que realizam atividade física para manutenção da saúde e/ou aumento ou perda de peso; portadores de doenças, pois as necessidades nutricionais são modificadas pelas características da patologia; atleta para cobrir deficiências impostas pelo grande período ativo e, por fim, prevenção de doenças.

Os suplementos alimentares ou nutricionais são definidos como substâncias adicionadas à dieta, sendo estes principalmente, vitaminas, minerais, ervas e botânicos, aminoácidos, metabólicos, constituintes, extratos ou combinações de qualquer desses ingredientes, com os objetivos principais de complementar a dieta, suprimindo as necessidades nutricionais dos indivíduos ou como recurso ergogênico (ZEISER ; SILVA, 2007). Dentre os suplementos alimentares disponíveis no mercado, têm-se os hidrogéis energéticos, que são responsáveis por fornecer carboidratos aos atletas durante testes de

resistência. Estes consistem em uma fonte energética de carboidratos com um valor calórico mínimo de 44 kcal/100 mL (SCHWARB, 2014).

Os carboidratos na forma de hidrogel tem sido um grande sucesso entre os atletas e praticantes de atividade física devido à praticidade do uso. O hidrogel de carboidrato apresenta alta concentração do mesmo em sua composição, variando de 17 a 25 g por sachê, fornecendo grande quantidade de carboidratos (principalmente os complexos, como a maltodextrina, que liberam energia gradativamente), em poucas gramas. O carboidrato na forma de hidrogel, geralmente é constituído pela maltodextrina combinada com a frutose (LAROSA, 2005).

Os hidrogéis energéticos estão focados em um público alvo, que geralmente inclui esportes aeróbicos de elevada intensidade como maratona, trilhas, etc. Isso ocorre porque a composição dos hidrogéis foi desenvolvida basicamente para auxiliar no desgaste durante a atividade física, fornecendo carboidratos e, portanto, energia ao mesmo tempo (SCHWARB, 2014). Muitos dos hidrogéis comercializados contêm cafeína para neutralizar a fadiga muscular e diminuir o limiar da dor. Também servem para aumentar os gastos energéticos, promovendo a resposta termogênica do corpo (NUTRIRESPONSE, 2017).

4. METODOLOGIA

4.1. Material

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Tecnologia de Alimentos (LTA), da Universidade Federal do Rio Grande- FURG. Para a elaboração do hidrogel foi utilizado o amido de arroz (*Oryza sativa* L) fornecido pela empresa Horizonte Amidos Agrícola Ltda, pectina cítrica (alta metoxilação) da marca GENU®, e pétalas de hibisco (*Hibiscus sabdariffa*) doadas por um produtor do município de Piratini, na qual foram colhidas e mantidas em refrigeração. Também foi utilizada a proteína de arroz da marca Rice Protein- Growth Supplements em testes preliminares.

Para comparar as características tecnológicas dos hidrogéis produzidos, foram utilizadas duas marcas de hidrogéis comerciais, sendo estas, a VO2 da Integral Médica Suplementos Nutricionais S.A e o CARB UP da Probiótica Laboratórios Ltda., ambos obtidos no comércio local da cidade do Rio Grande-RS.

O hidrogel VO₂ tem como ingredientes em sua composição: maltodextrina, água deionizada, dextrose, frutose, vitamina C, cloreto de sódio, vitamina E, citrato de sódio, fosfato de potássio e fosfato monossódico (reguladores de acidez), ácido cítrico (acidulante), sorbato de potássio e benzoto de sódio (conservantes), goma xantana (espessante), corante e sucralose; e o hidrogel CARB UP: maltodextrina, água deionizada, amido de milho ceroso (waxy maize), taurina, cafeína, inositol, niacina, ácido pantotênico, vitamina B6, vitamina B2, vitamina B12, reguladores de acidez: citrato monossódico e ácido fosfórico, aromatizantes, sorbato de potássio, sucralose.

4.2. Métodos

4.2.1. Extração dos compostos fenólicos do hibisco

Os compostos fenólicos foram extraídos de acordo com Scaglioni *et al.* (2014) com adaptações, no qual foi utilizada água destilada como solvente extrator. As pétalas de hibisco (5 g) foram maceradas e colocadas em água destilada (25 mL) e deixadas em repouso por 16 h. Após, a solução foi centrifugada (3020 x g, 10 min, 4°C), o precipitado foi descartado e o sobrenadante (extrato fenólico) foi reservado. Para clarificação do extrato fenólico, adicionou-se ao mesmo 10 mL de hidróxido de bário 0,1 mol/L e 10 mL de sulfato de zinco 5% e deixou-se em repouso por 20 min, em seguida foi realizada uma filtração com papel filtro qualitativo e completado o volume em balão volumétrico de 50 mL com água destilada.

4.2.2. Quantificação dos compostos fenólicos

A quantificação dos compostos fenólicos foi realizada em triplicata e empregado o método espectrofotométrico de Furlong *et al.* (2003) com adaptações, utilizando o reagente de Folin-Ciocalteu. Alíquotas de 0,5 mL dos extratos fenólicos de hibisco foram adicionadas a tubos de ensaio juntamente com 0,5 mL de água destilada. Em seguida foram adicionados 4,5 mL da solução alcalina (Na₂CO₃ 4%, CuSO₄ 2% e tartarato duplo de sódio e potássio 4% na proporção 100:1:1, respectivamente). Os tubos permaneceram em repouso por 15 min em banho-maria a 40°C. Posteriormente foram adicionados 0,5 mL do reagente de Folin-Ciocalteu (diluído 1:2 em água destilada), deixados em repouso por 10 min e lida a absorbância em 750 nm em espectrofotômetro (IONLAB, IL-592, Brasil). Para a quantificação, foi utilizada uma curva de calibração de ácido gálico (apêndice A) em concentrações de 0 a 200 µg.mL⁻¹.

4.2.3. Análise de atividade antioxidante

As análises de atividade antioxidante foram realizadas no extrato fenólico de hibisco, no hidrogel formulado com amido e também no hidrogel de amido com adição de 3 e 5% de extrato fenólico, sendo estes avaliadas por três metodologias distintas (DPPH, ABTS e FRAP).

Para tanto, foi necessário primeiramente que o extrato fenólico, o hidrogel formulado e os hidrogéis com adição de 3 e 5% de extrato fenólico fossem diluídos na proporção 1:10 mL de água destilada, logo após foram centrifugados (3020 x g, 10°C) e por fim realizada uma filtração com papel filtro qualitativo. Esses procedimentos foram realizados com o intuito de eliminar interferentes da coloração dos hidrogéis nas leituras de absorbância realizadas no espectrofotômetro.

4.2.3.1. Determinação da atividade antioxidante total pela captura do radical livre DPPH

A determinação da atividade antioxidante por DPPH foi realizada em triplicata e seguindo o método descrito por Herrero *et al.*, (2005) com adaptações. Este método se baseia na determinação do decréscimo da unidade de absorbância (UA) das soluções. Foram adicionados aos tubos 3 mL da solução metanoica de DPPH (0,125 mM/L) e testados três volumes de 0,5, 1 e 1,5mL de extrato fenólico purificado sendo preenchido com metanol até completar o volume de 2 mL. Para o controle foram utilizados 2 mL de metanol em substituição total ao extrato fenólico. A mistura reativa permaneceu a temperatura

ambiente de aproximadamente 20°C, sem a incidência de luz e a mudança de cor violeta para amarela foi medida imediatamente (tempo 0) e após 10, 20, 30, 60 e 90 min de reação.

A atividade antioxidante por DPPH foi realizada no extrato fenólico obtido do *Hibisco sabdariffa*, nos hidrogéis formulados com adição de 3 e 5% de extrato fenólico e também no hidrogel formulado. Todas as análises foram realizadas em triplicata, no qual se obteve a média e o desvio padrão. A porcentagem de inibição (% I) foi determinada pela Equação 1 :

$$\% I = (A_0 - A) / A_0 \times 100 \quad (1)$$

Onde: A_0 é a absorbância do DPPH (controle) e A é a absorbância da amostra mais DPPH.

4.2.3.2. Determinação da atividade antioxidante total pela captura do radical livre ABTS

A avaliação da atividade antioxidante pelo radical ABTS foi realizada em triplicata seguindo o método de Ribeiro (2014) com adaptações. O padrão de ABTS (2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico) sal diamônio) foi dissolvido em água destilada na concentração de 7 mM e simultaneamente preparada uma solução de persulfato de potássio na concentração de 2,45 mM. Para a avaliação da atividade antioxidante foi realizada a mistura das 2 soluções e deixadas em repouso por 16 h a temperatura ambiente (25°C). Logo, foram diluídas as soluções de ABTS em etanol para alcançar a absorbância de $0,7 \pm 0,02$ a 734 nm. Para a reação em tubos de ensaio, foram utilizados 3 mL da solução diluída para 50 µL da solução do extrato. Os reatores foram mantidos na ausência de luz para evitar a degradação do radical ABTS.

4.2.3.3. Determinação da atividade antioxidante total pelo método de redução do ferro

A determinação da atividade pelo método do poder redutor foi realizada em triplicata, seguindo a metodologia de Oyaizu (1986) com adaptações. A solução de extrato fenólico purificado 2 mL foi adicionada a 2 mL de tampão fosfato $0,2 \text{ mol.L}^{-1}$ (pH 6,6) e 2 mL de ferricianeto de potássio a 1% (m/v). Após, a mistura foi incubada a 50°C durante 20 min. Decorrido o tempo determinado, adicionou-se 2 mL de ácido tricloroacético (TCA) a 10% (m/v) e a solução foi centrifugada a $1500 \times g$ por 10 min. Uma alíquota de 2 mL do sobrenadante foi transferida para um tubo de ensaio e adicionada de 2 mL de água destilada e 0,5 mL de cloreto férrico (FeCl_3) a 0,1% (m/v). Após 10 min, foi lida a absorbância a 700 nm. Neste método, o aumento da absorbância da reação indica aumento do poder redutor.

4.2.4. Elaboração dos hidrogéis adicionados de proteína e carboidrato

A Tabela 1 apresenta os experimentos realizados com diferentes concentrações de proteína e carboidrato para a formulação dos hidrogéis, onde o conteúdo total utilizado em massa foi de 5 g de proteína e/ou carboidrato para cada 100 mL de água.

Tabela 1- Formulação dos hidrogéis

Formulações	%Proteína	% Carboidrato
Hidrogel 1	100	0
Hidrogel 2	75	25
Hidrogel 3	50	50
Hidrogel 4	25	75
Hidrogel 5	0	100

O procedimento para a elaboração dos hidrogéis energéticos seguiram a metodologia descrita por Boatella (2004). Primeiramente foi realizada a homogeneização de 100 mL de água destilada, amido de arroz e proteína de arroz nas concentrações conforme apresenta a Tabela 1, logo a solução foi aquecida à 80°C por 30 min sob constante agitação (agitador magnético). Após a reação, os hidrogéis foram deixados à temperatura ambiente.

A proteína de arroz apresentou grande dificuldade de solubilização em água, portanto, avaliou-se a influência do pH no processo de elaboração dos hidrogéis, realizando variações de pH entre 2 e 11, utilizando as soluções de NaOH 0,1 M e HCl 0,1 M para ajustar o pH.

Após a elaboração dos hidrogéis com proteína, verificou-se também a influência da adição da pectina nos hidrogéis produzidos somente com amido de arroz, adicionando-se a essas formulações pectina, conforme mostra Tabela 2.

Tabela 2- Formulações testadas nos hidrogéis adicionados de pectina e de extrato fenólico de hibisco

Amido de arroz (g)	Pectina (g)	Extrato fenólico %
5g	1g	3
5g	1g	5
5g	1,5g	3
5g	1,5g	5

Realizou-se a homogeneização de 100 mL de água destilada com 5 g de amido de arroz e pectina (1 g ou 1,5 g), após, a solução foi aquecida à 80°C por 30 min sob constante

agitação (agitador magnético). Após a reação, os hidrogéis foram deixados a temperatura ambiente, até que sua temperatura diminuísse à aproximadamente 40°C, para que então, fosse adicionado os extratos fenólicos do hibisco. As concentrações de 3 e 5% dos extratos foram adicionadas aos hidrogéis produzidos, após a adição a solução foi mantida sob agitação por 5 min para completa homogeneização. Logo, o produto foi armazenado à temperatura ambiente. O hidrogel que apresentar melhores características para a análise de sinérese, mostrando uma completa homogeneização do extrato no hidrogel será utilizado para caracterização de reologia, força de gel e poder calorífico.

4.3. Caracterização dos hidrogéis

4.3.1. Sinérese

Os hidrogéis preparados com amido de arroz, pectina e extrato de hibisco (3% e 5%), foram submetidos a dois ciclos de congelamento (20 h a -18 °C) e descongelamento (4 h a 25 °C), segundo metodologia estabelecida por Lee (2002). A determinação da sinérese foi realizada pela diferença entre a massa inicial e a massa final das amostras em cada ciclo realizado. As determinações de sinérese foram realizadas em triplicata.

4.3.2. Reologia

O reômetro é um instrumento que se caracteriza por conter a amostra em um copo cilíndrico (cilindro externo) e ter um segundo cilindro (cilindro interno também chamado *spindle*), de diâmetro menor, imerso coaxialmente no primeiro. Um dos dois cilindros é forçado a girar com velocidade angular constante e o torque transmitido para o outro cilindro é medido (TADINI *et al*, 2016). O *spindle* possui diferentes diâmetros que são adequados conforme a viscosidade da amostra, sendo apropriado para medir a viscosidade de fluidos em uma faixa específica.

O comportamento reológico dos hidrogéis foi avaliado em função da taxa de deformação e da temperatura e as análises foram realizadas em um Reômetro Brookfield modelo DVIII-Ultra. No estudo, os hidrogéis foram submetidos a temperaturas que variaram de 5 à 35°C, sendo esta controlada através de banho termostático Quimis modelo Q215.

Os hidrogéis avaliados no reômetro foram os que continham 5% de extrato de hibisco, e os dois hidrogéis comerciais. As análises reológicas foram realizadas no Laboratório de Controle de Particulados (CP) da Universidade Federal do Rio Grande-FURG.

4.3.3. Força de gel

A dureza, a viscosidade, a flexibilidade e a coesividade foram determinadas pela metodologia descrita por Bueno (2008), onde as amostras foram analisadas em um texturômetro modelo TA-XT2i (Stable Micro Systems, Godalming, Inglaterra), controlado com os ajustes de 0,5 mm/segundo de velocidade de penetração e distância de penetração de 4mm a partir da superfície. Esta análise foi realizada nos dois hidrogéis comerciais e no hidrogel formulado contendo 5% de extrato de hibisco.

4.3.4. Poder Calorífico

A determinação do valor energético foi realizada segundo metodologia descrita por Moscow (1978). Para tanto, a amostra do hidrogel formulado com amido de arroz, pectina e 5% de extrato fenólico foi previamente seca em estufa à temperatura de 105°C por 12 h. Foi utilizada 1 g de amostra para determinação do valor energético em bomba calorimétrica (Bomb Calorimeter modelo Parr 1341).

4.3.5. Análise Estatística dos Resultados

Todas as análises foram realizadas em triplicata, e os resultados analisados estatisticamente utilizando a análise de variância (ANOVA) e comparados através do teste de Tukey ao nível de 5% de significância empregando o software Statistica 5.0.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os testes preliminares realizados para desenvolver os hidrogéis com proteína de arroz e amido de arroz, não apresentaram resultados satisfatórios, pois os mesmos exibiram grumos, alta sinérese e também não solubilizaram por completo, apresentando uma separação de fases. No hidrogel elaborado somente com a proteína de arroz, houve a formação de um creme viscoso quando em aquecimento, porém quando o mesmo resfriou e foi mantido em temperatura ambiente houve separação de fases.

A proteína de arroz apresentou grande dificuldade de solubilização em água, logo, não foi possível a formação do hidrogel, sendo assim, foi testada uma modificação do pH do meio, variando entre 2 e 11. A proteína de arroz apresentou solubilização em pH 11, porém apresentou um gel débil, não homogêneo e com formação de grumos, quando o mesmo se manteve em temperatura ambiente.

O hidrogel formulado, somente com amido de arroz, formou um gel consistente, porém, após o armazenamento, o mesmo apresentou exsudação. Com o intuito de reduzir a sinérese ocasionada no hidrogel, testou-se uma formulação adicionando-se

pectina (1 g e 1,5 g), no qual 1 g de pectina apresentou-se suficiente para redução da sinérese, não sendo necessário maiores quantidades. A pectina utilizada na elaboração do hidrogel possuía um alto grau de metoxilação.

O pH é um fator importante no processo de solubilização, a pectina é um ácido com valor pK de aproximadamente 3,5, aumentando a relação entre os grupos ácidos dissociados e grupos ácidos não dissociados. Assim, a tendência para formar géis aumenta fortemente diminuindo-se o pH do sistema. Isso é especialmente evidente nas pectinas ATM (alto teor de metoxilas) que normalmente, requerem um pH abaixo de 3,5 para formar géis (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2014).

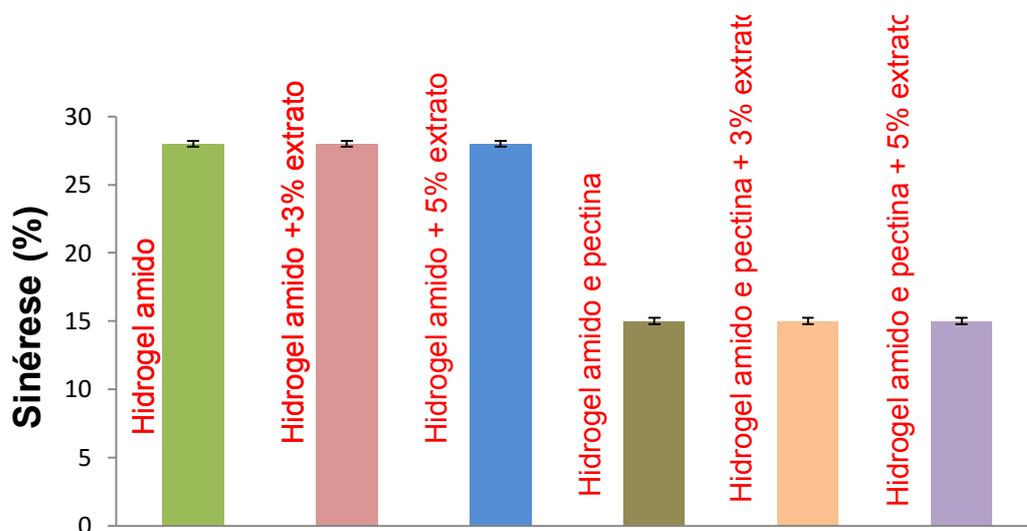
Assim acidificou-se o meio com solução de HCL 0,1 M, mantendo-se o pH da solução em torno de 3. Após, o hidrogel formulado foi mantido em temperatura ambiente até redução da temperatura (40°C) para então, adicionar o extrato fenólico de hibisco, onde variou-se a concentração de 3 e 5%.

A formulação elaborada com 5 g de amido de arroz e 1 g de pectina e 5% de extrato fenólico de hibisco formou um hidrogel, onde não houve formação de grumos e separação de fases, logo está foi a formulação escolhida para as avaliações reológicas, força de gel e poder calorífico. Este hidrogel foi designado como hidrogel formulado.

5.1. Sinérese

A Figura 1 apresenta os resultados de sinérese dos hidrogéis elaborados somente com amido de arroz (Gel A), hidrogéis adicionado de 1 g de pectina (Gel AP), e os hidrogéis com adição de 3 e 5% de extrato de hibisco (Gel A + 3%, Gel A+5%, Gel AP+3% e Gel AP+5%).

Figura 1- Sinérese dos hidrogéis



A sinérese é uma propriedade utilizada como um método simples para a medida da estabilidade de géis de amido, que mede a água livre na matriz do gel após o resfriamento. Após o armazenamento a baixas temperaturas, ocorre a expulsão de água a partir dos géis de amido em consequência da reassociação das cadeias de amilose e amilopectina (SWEEDMAN et al., 2013). Assim, a sinérese é uma propriedade negativa nos géis e produtos produzidos a partir do amido, esta medida é vista como um indicador útil de deterioração, pois torna os géis e produtos mais rígidos, o que pode levar a rejeição de produtos formulados à base desse ingrediente, tornando-se assim de grande importância a prevenção ou retardo desta (TENG, CHIN e YUSOF, 2011).

Analisando a Figura 1 pode-se constatar que a adição do extrato de hibisco nos hidrogéis não apresentou diferença significativa nos valores de sinérese, que demonstra que o extrato teve uma completa homogeneização no hidrogel.

Observa-se também, que com a adição da pectina no hidrogel foi possível uma redução significativa da sinérese, sendo esta de aproximadamente 46%, em relação ao hidrogel elaborado somente com o amido de arroz. Pode-se atribuir essa redução de sinérese devido às propriedades estabilizante, espessante e geleificante da pectina.

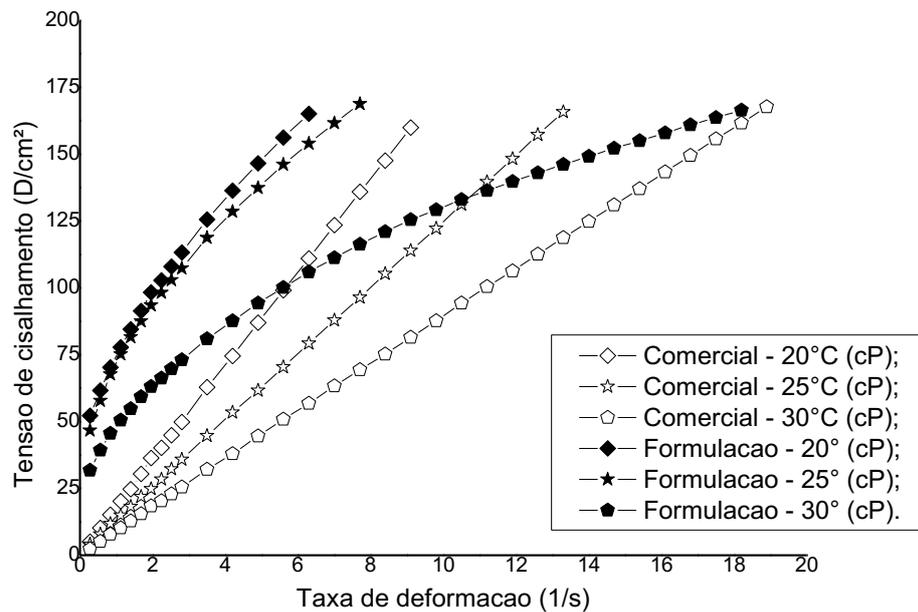
Baker e Rayars (1998), estudando géis de amido de trigo e arroz, submetidos a dois ciclos de congelamento e descongelamento, obtiveram resultados de sinérese de 37 e 26%, respectivamente. No presente trabalho, o hidrogel elaborado somente com amido de arroz, apresentou uma sinérese de aproximadamente 28%, mostrando-se superior ao valor encontrado pelos autores citados, pode-se atribuir esta variação a quantidade de amido utilizada, ao teor de amilose e amilopectina e até mesmo as condições na qual o arroz foi plantado.

5.2. Reologia

Não foi possível realizar as análises reológicas para o hidrogel comercial CARB UP, pois este apresentou uma viscosidade elevada, não sendo compatível com o *spindle* do equipamento que foi utilizado para os demais hidrogéis.

A Figura 2 apresenta o comportamento reológico (taxa de deformação x taxa de cisalhamento) para o hidrogel comercial VO₂ e o hidrogel formulado.

Figura 2- Comportamento reológico entre o hidrogel formulado e a amostra comercial VO₂.



A avaliação reológica envolve a relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação. O modelo newtoniano apresenta uma relação linear entre estes fatores, porém esse comportamento não ocorre em todos os alimentos, logo requer um modelo para sua caracterização. Quando a relação não é linear, o fluido é classificado como não newtoniano, estes podem ser considerados como pseudoplástico, apresentando diminuição da viscosidade conforme ocorre o aumento da taxa de cisalhamento (MATHIAS *et al.*, 2013), ou como dilatante, se a viscosidade aumenta com o aumento da taxa de cisalhamento (LEE; MOTURI; LEE, 2009).

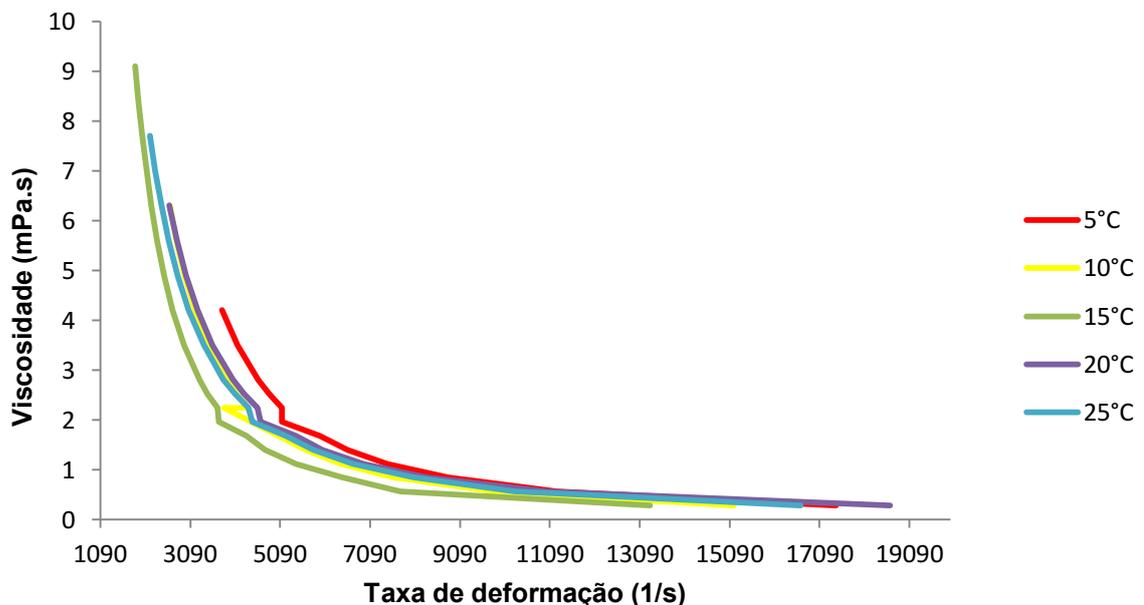
Os fluidos pseudoplásticos, que também apresentam dependência com o tempo de cisalhamento, são chamados tixotrópicos. Neste caso, mesmo para taxas cisalhantes constantes, a viscosidade sofre uma redução em função do tempo (OLIVEIRA; SOUZA; MONTEIRO, 2008). Figoni e Shoemaker (1983), estudando o comportamento reológico de hidrogéis de amido caracterizaram-os como tendo um comportamento tixotrópico e não newtoniano.

Observando o comportamento do hidrogel formulado e do hidrogel comercial VO₂ conforme mostra a Figura 2, pode-se constatar que o hidrogel formulado apresentou um comportamento não newtoniano devido a não linearidade de suas curvas. Já o hidrogel comercial VO₂ apresentou uma curva linear, típica de fluidos newtonianos, assim verificamos que o hidrogel formulado mostra o comportamento reológico condizente com a literatura, segundo Figoni e Shoemaker (1983).

O comportamento não newtoniano, em geral, é o que se espera quando se trata de fluídos alimentícios, como por exemplo, mel, leite condensado, maionese e xarope de glicose. O hidrogel formulado mostrou-se semelhante a esses produtos, devido às suas semelhanças na viscosidade. Quando se trata de fluidos newtonianos, podemos citar como exemplo a água. Observando o hidrogel comercial VO₂ esse mostrou-se com uma maior fluidez quando comparado ao hidrogel formulado, apresentando um comportamento semelhante aos fluidos newtonianos, que pode estar relacionado ao conteúdo de água presente no mesmo.

A Figura 3 apresenta a variação da viscosidade do hidrogel formulado com a taxa de deformação, em temperaturas variando de 5 a 25°C.

Figura 3- Comportamento da viscosidade em função da taxa de deformação do hidrogel formulado

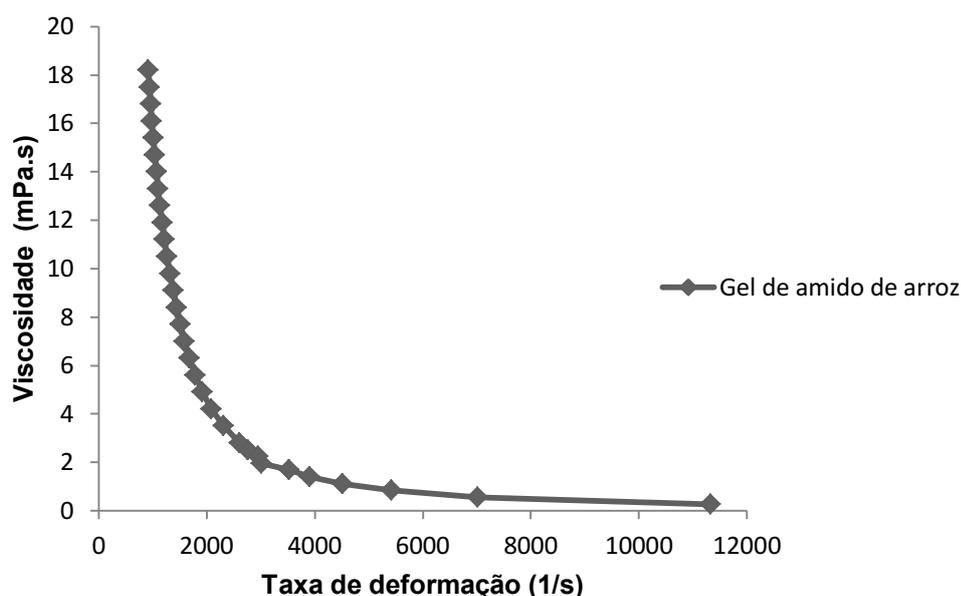


Os fluidos dependentes do tempo e da temperatura são classificados em tixotrópicos quando a viscosidade decresce com a taxa de deformação; e reopéticos quando a mesma aumenta. Estes apresentam o fenômeno conhecido como histerese, que é, para a reologia, a tendência do fluido de voltar ao seu estado físico original após uma crescente aplicação de taxas de cisalhamento (MACHADO, 2002).

Na Figura 3 pode-se observar o comportamento do hidrogel formulado, definido como um fluido pseudoplástico, e classificado como tixotrópico, devido à diminuição na sua viscosidade quando teve sua taxa de deformação aumentada.

Yousefi (2014) pesquisou o comportamento de géis de amido de arroz, conforme mostrado na Figura 4.

Figura 4- Comportamento da viscosidade em função da taxa de deformação segundo Yousefi (2014).



Comparando os resultados obtidos por Yousefi (2014) para géis de amido de arroz com os resultados obtidos para o hidrogel formulado, é possível notar a semelhança entre as curvas, onde ambas apresentaram um comportamento de fluido pseudoplástico, o que reforça a analogia do hidrogel formulado com a literatura.

5.3. Força de gel

As propriedades de textura dos géis dependem dos constituintes do amido (amilose e amilopectina), do volume, da deformação dos grânulos e da interação entre as fases contínuas e dispersas (CHOI e KERR, 2003).

Os parâmetros de dureza, viscosidade, flexibilidade e coesividade foram analisados no hidrogel formulado e nos hidrogéis comerciais (Tabela 3).

Tabela 3 – Resultados das análises da força de gel.

	Hidrogel formulado	Hidrogel comercial VO ₂	Hidrogel comercial Carb Up
Dureza (N)	15,67 ± 0,63 ^b	12,64 ± 0,96 ^c	139,85 ± 0,92 ^a
Flexibilidade (Mm)	311,51 ± 0,24 ^b	197,66 ± 0,46 ^c	3486,37 ± 0,58 ^a
Coesividade	16,75 ± 0,71 ^c	18,8 ± 0,91 ^b	283,6 ± 1,22 ^a
Viscosidade(N)	31,83 ± 0,21 ^b	14,8 ± 0,32 ^c	492,37 ± 0,87 ^a

Letras diferentes na linha diferem estatisticamente ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Analisando a Tabela 3 pode-se observar que em todos os parâmetros analisados, os géis mostraram diferença significativa para o teste de Tukey ($p \leq 0,05$), podendo-se atribuir tais diferenças a fatores como a matéria prima utilizada, conteúdo de água, e temperatura do processo de elaboração dos mesmos.

De acordo com o tipo de produto que se deseja elaborar é necessário uma maior atenção em relação a parâmetros como viscosidade e dureza, pois produtos, tais como, sopas prontas não devem apresentar uma viscosidade muito elevada, pois causaria sensação indesejável. Já em produtos como tortas recheadas é interessante que o recheio apresente uma dureza e viscosidade mais elevada, pois geralmente melhora a questão sensorial e também evita o transbordamento durante o transporte. Para o hidrogel elaborado uma baixa viscosidade e dureza são interessantes, pois torna o produto de fácil ingestão sem deixar residual devido a sua fluidez.

A flexibilidade baixa encontrada para o hidrogel formulado e o gel comercial VO₂ é desejada para hidrogéis energéticos, pois são produtos que se deseja a rápida e fácil ingestão facilitando a absorção de seus nutrientes. Segundo Handa, Takahashi e Froning (1998), quanto maiores as concentrações de bipolímeros utilizadas na formulação dos géis, maiores necessidades energéticas para desintegrar os géis serão requeridas. O gel comercial Carb Up se mostrou com característica pastosa, sendo de difícil ingestão quando comparado aos demais hidrogéis que se apresentaram com uma maior fluidez e de melhor ingestão, como constatado na tabela 3.

5.4. Poder Calorífico

O poder calorífico dos alimentos e dos demais fenômenos relacionados a trocas de calor é dado em termos de calorias. Uma caloria é a quantidade de energia ou calor necessária para elevar a temperatura de 1 grama de água em 1 °C. No Sistema Internacional, a unidade usada é joule (J) ou quilojoule (kJ) (SAWAYA, DALLAL e SOLYMOS 1995).

A análise de poder calorífico do hidrogel formulado apresentou um resultado de 1,76 kcal/g de hidrogel. A Tabela 4 apresenta o comparativo dos valores fornecidos pelas tabelas nutricionais dos géis energéticos Carb UP e VO₂, e do hidrogel formulado equivalentes a um sachê de 30 g.

Tabela 4- Valor calorífico dos hidrogéis comerciais e do hidrogel formulado.

Hidrogéis	Sache 30g
VO ₂	72 kcal
Carb Up	80 kcal
Hidrogel formulado	52,8 kcal

França, Miguel e Campos (2004), estudando os efeitos da suplementação de maltodextrina em jogadores de futsal realizaram análise de poder calorífico da Maltodextrina e obtiveram um resultado de 4,0 kcal/g de produto. Já Tannus *et al.*, (2001), estudando o valor energético de alimentos consumidos por crianças e adolescentes obteve um resultado de 3,58 kcal/g de amido de arroz.

A partir da Tabela 4 podemos observar que os hidrogéis comerciais obtiveram valores superiores ao hidrogel formulado, pode-se atribuir tais diferenças aos ingredientes dos mesmos, sendo que os géis comerciais contem em suas formulações maltodextrina, frutose, amido de milho ceroso, entre outros, e o hidrogel formulado somente amido de arroz e pectina.

5.5. Quantificação dos compostos fenólicos

O resultado encontrado para o extrato aquoso das pétalas de hibisco, foi de 436,9 mg EAG/100 g de pétalas, sendo que esta análise foi realizada em triplicata.

A quantidade e o perfil de compostos fenólicos nos frutos e vegetais variam em função do tipo, variedade e grau de maturação, bem como das condições climáticas e do cultivo (LEONG, SHUI, 2002). Além disso, o teor destes fitoquímicos é altamente afetado pelo tipo de acondicionamento e pela época do ano em que a matéria-prima foi obtida.

O teor de compostos fenólicos totais encontrados nos cálices do *H. sabdariffa* de 436,9mgEAG/100g de pétalas, foi considerado elevado, quando comparado a teores detectados em hortaliças como a alface (92,15 mgEAG/100g) e o repolho roxo (49 mgEAG/100 g) (REYES, VILLARREAL, CISNEROSZEVALLOS, 2007), sendo o hibisco considerado uma boa fonte de antioxidantes, tomando-se assim um composto interessante a ser consumido, visto que o mesmo atua na prevenção de doenças.

5.6. Atividade antioxidante

5.6.1. Determinação da atividade antioxidante total pela captura do radical livre DPPH

A Tabela 5 apresenta os resultados encontrados para a atividade sequestrante de radicais livres DPPH nas amostras de extrato fenólico, hidrogel formulado e hidrogéis formulados com adição de 3 e 5% de extrato fenólico.

Tabela 5- Resultados para a atividade antioxidante utilizando o método DPPH.

Amostras	% Inibição*
Extrato fenólico	14,2 ± 0,3
Hidrogel formulado	4,3 ± 0,2
Hidrogel formulado 3%	6,2 ± 0,3
Hidrogel formulado 5%	6,8 ± 0,2

*Os dados são as médias de três repetições ± desvio padrão.

As reações do extrato fenólico e das amostras de hidrogel, com o DPPH foram acompanhadas durante 90 min, porém, o sequestro dos radicais livres de DPPH mostrou sua atividade antioxidante máxima nos primeiros 30 min, então os dados foram coletados nesse tempo.

As amostras dos hidrogéis com adição do extrato fenólico apresentaram uma atividade antioxidante, com cerca de 50% de inibição menor que o extrato, isso ocorre principalmente devido aos processos aplicados na elaboração do hidrogel e também, na preparação da amostra para que possa ser avaliada a atividade antioxidante. Fatores como temperatura (40°C) na qual foi adicionado o extrato fenólico ao hidrogel, filtração, centrifugação utilizadas para eliminar possíveis interferentes na análise, podem ter influenciado na perda de parte dos compostos do extrato fenólico, ocasionando uma menor atividade antioxidante.

A adição dos extratos fenólicos aos hidrogéis aumentou a capacidade de inibição dos mesmos, a adição de 5% de extrato fenólico aumentou em 58,14% a capacidade antioxidante comparada ao hidrogel formulado sem a adição do extrato. O acréscimo da capacidade antioxidante torna o hidrogel um produto de maior interesse, visto que o consumidor busca produtos mais saudáveis e que possuam diferentes funcionalidades.

Também foi possível observar que o hidrogel sem a adição do extrato fenólico apresentava atividade antioxidante, isto ocorre devido ao amido de arroz, pois este apresenta diversos compostos fenólicos, tais como, os ácidos fenólicos, principalmente, os ácidos ferúlico, p-cumárico, gálico e vanílico (TIAN, 2004; ZHOU et al., 2002).

5.6.2. Determinação da atividade antioxidante total pela captura do radical livre ABTS

A Tabela 6 apresenta os resultados obtidos na determinação do radical ABTS.

Tabela 6- Resultados para a atividade antioxidante pelo método ABTS.

Amostras	$\mu\text{mol Trolox/g extrato}$
Extrato fenólico	605,8 \pm 0,017
Hidrogel formulado	116,6 \pm 0,37
Hidrogel formulado 3%	234,4 \pm 0,17
Hidrogel formulado 5%	294,4 \pm 0,46

O hidrogel formulado já apresenta uma atividade antioxidante, porém na determinação do radical ABTS, conforme mostra a Tabela 5 observa-se que a adição do extrato fenólico aos hidrogéis aumentou ainda mais essa capacidade antioxidante. No hidrogel adicionado de 3% do extrato o valor da atividade antioxidante dobrou em relação ao hidrogel sem adição do extrato. E no hidrogel com 5% do extrato podemos observar que praticamente um terço dos compostos do extrato fenólico se mantiveram no produto final, o que torna um resultado positivo, pois sabe-se que durante a elaboração do hidrogel muitos compostos fenólicos são perdidos.

5.6.3. Determinação da atividade antioxidante total pelo método de redução do ferro

A Tabela 7 apresenta os resultados obtidos para a análise do poder redutor nas amostras.

Tabela 7- Resultados para a atividade antioxidante pelo método do poder redutor

Amostras	FRAP $\mu\text{mol /Lg extrato}$
Extrato fenólico	843,69 \pm 0,73
Hidrogel formulado	159,81 \pm 0,38
Hidrogel formulado 3%	299,23 \pm 0,57
Hidrogel formulado 5%	336,41 \pm 0,72

Na Tabela 7 observa-se que os hidrogéis apresentaram uma maior atividade antioxidante após a adição do extrato fenólico, sendo esse valor, praticamente o dobro do

encontrado para o hidrogel sem adição de extrato. O extrato fenólico mostrou um valor elevado de capacidade antioxidante.

Ao realizar o FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power) no extrato de hibisco como mostra a Tabela 7, encontrou-se para o extrato fenólico um valor referente de 843,69 $\mu\text{mol/Lg}$ extrato. Comparando-se os resultados obtidos por Garcia *et al* (2014) que estudou a capacidade antioxidante pelo método FRAP para gojiberry (437,5 $\mu\text{mol/Lg}$), também considerado um antioxidante natural devido aos polifenóis, podemos observar que o valor encontrado para o extrato fenólico de hibisco mostrou uma capacidade antioxidante superior ao encontrado para o extrato de gojiberry, comprovando sua capacidade antioxidante, sendo sua adição nos hidrogéis como composto com atividade antioxidante muito interessante.

Pode-se observar que para as três metodologias utilizadas para analisar a atividade antioxidante do extrato fenólico de hibisco adicionado ao hidrogel, apresentaram a tendência de aumentar a atividade antioxidante no mesmo.

6. CONCLUSÃO

O produto elaborado apresentou propriedades antioxidantes e energéticas, sendo este um produto atraente comercialmente para pessoas que praticam atividades físicas e que necessitam repor rapidamente suas reservas energéticas após o treino, pois suas características de força de gel nos apresenta um hidrogel de fácil ingestão. Outra vantagem deste produto é que a matéria-prima principal utilizada na sua elaboração origina-se de um subproduto da indústria de alimentos, sendo assim, poderíamos ter um melhor aproveitamento do mesmo agregando valor em outro produto alimentício.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMED, Z. S.; ABOZED, S. S. Functional and antioxidant properties of novel snack crackers incorporated with Hibiscus sabdariffa by-product. *J. Adv. Res.*, 2014.

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE, AMERICAN DIETETIC ASSOCIATION AND DIETITIANS OF CANADA. Joint Position Statement: **Nutrition and Athletic Performance**. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(3),p. 709-731, 2009.

ANVISA. Consulta Pública nº 60, de 13 de novembro de 2008. **Disponível em:** <http://www4.anvisa.gov.br/base/visadoc/CP/CP%5B24416-1-0%5D.PDF> **Acesso em: 10 de Outubro, 2017.**

AOUADA, F. A.; MOURA, M. R.; CAMPESE, G. M.; GIROTTO, E. M.; RUBIRA, A. F. & MUNIZ, E. C. Caracterização de hidrogéis condutores constituídos por PAAm e PEDOT/PSS por meio de planejamento fatorial. *Polímeros Ciência e Tecnologia*, Polímeros São Carlos, v. 18, n. 2, p. 126-131, 2008.

ARCAN, I.; YEMENICIOGLU, A. Incorporating phenolic compounds opens a new perspective to use zein films as flexible bioactive packaging materials. *Food Research International*, v. 44, p. 550–556, 2011.

ATOUI, A. K. et al. Tea and herbal infusion: their antioxidant. Activity and phenolic profile. *Food Chemistry*, v. 89 , n. 1, p. 27-39, 2005.

BAO, J.; KONG, X.; XIE, J., XU, L. Analysis of genotypic and environmental effects on rice starch. 1. Apparent amylose content, pasting viscosity, and gel texture. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, v. 52, p. 6010-6016, 2004.

BASSINELLO, P. Z.; CASTRO, E. M. Arroz como alimento. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 25, n. 222, p. 101-108, 2004.

BASSINELLO, P. Z.; ROCHA, M. da S.; COBUCCI, R. de M. A. Avaliação de diferentes métodos de cocção de arroz de terras altas para teste sensorial. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2004.V 8 p, 84).

BLANCO, M. D.; REGO, J. M.; HUGLIN, M. B.; Drug release with simultaneous dimensional changes from a new copolymeric hydrogel. *Polymer*, v 35, p16, 1994.

Boatella, J. Química y bioquímica de los alimentos II. Edición 1. Universidad de Barcelona, 2004.

BUENO, P.D. F. **Viscoamilografia na estimativa do teor de amilose e características de consumo de arroz**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2008.

BULÉON, A.; COLONNA, P.; PLANCHOT, V.; BALL, S. Starch granules: structure and biosynthesis. *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 23, p. 85-112, 1998.

BURT, S. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods. *International Journal of Food Microbiology*, v. 94, n. 3, p. 223- 53, 2004.

CARAMEZ, R. R. B. **Caracterização físico-química e estudo da estabilidade das antocianinas do cálice de *Hibiscus sabdariffa L.*** Tese (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, 1999.

CASTRO ,N.E, A. et al., Planting time for maximization of yield of vinegar plant calyx (*Hibiscus sabdariffa L.*). *Ciência e Agrotecnologia*, v.28, n.3,p 542-551, 2004.

CEREDA, M. P.; FRANCO, C. M. L.; DAIUTO, E. R.; DEMIATE, I. M.; CARVALHO, L. J. C.B.; LEONEL, M.; VILPOUX, O. F.; SARMENTO, S. B. S. Propriedades gerais do amido. In: *Série Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas*, v. 1. São Paulo: Fundação Cargill, 2002.

CEREDA, P. M.. **Modificação da fécula por fermentação**, v. 3: Biotecnologia Industrial, Edgar Blucher Ltda., p. 413-46, 2001.

CHO, Y. J.; HWANG, J. K. Modelling the yield and the intrinsic viscosity of pectin in acidic solubilization of apple pomace. **Journal of Food Engineering**, v. 44, n. 5, p. 85-89, 2000.

CHOI, S. G.; KERR, W. L. Water mobility and textural properties of native and hydroxypropylated wheat starch gels. **Carbohydrate Polymers**, v. 51, n. 1, p. 1-8, 2003.

CUVELIER, M. E.; RICHARD, H.; BERSET, C. Comparison of the antioxidant activity of some acid phenols: structure-activity relationship. **Bioscience Biotechnology and Biochemistry**, Benkyoku, v.59, p.324-325,1992.

DA-COSTA-ROCHA, I.; BONNLAENDER, B.; SIEVERS, H.; PISCHEL, I.; HEINRICH, M. Hibiscus sabdariffa L. – A phytochemical and pharmacological review. **Food Chem.**, v. 165, p. 424-443, 2014.

FERREIRA, C. M.; PINHEIRO, B. S.; SOUSA, I. S. F.; MORAIS, O. P. **Qualidade do arroz no Brasil: Evolução e Padronização**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. 62p.

FIGONI, P.I. and SHOEMAKER, C.F. **Characterization of time dependent flow properties of mayonnaise under steady shear**. **J. Texture Studies**, v 14, p 431–442, 1983

FOOD INGREDIENTS BRASIL - Nº 29, p. 49, 2014. Disponível em:

FRANÇA, P.C.; MIGUEL, H.; CAMPOS, M.V.A. Efeitos da suplementação de maltodextrina em uma partida de futsal sub 18, São José do Rio Pardo, **Revista logos**, N.º 22, MAR/2014

FURLONG, E. Avaliação do potencial de compostos fenólicos em tecidos vegetais. **Vetor**, Rio Grande, RS, v. 13, n. 1, p. 105-114, 2003.

GANCZ K, ALEXANDER M, CORREDIG M. Extração e precipitação de pectina de laranja e maracujá. **Food Hydrocolloid**, 20, 293, 2006.

GNANASAMBANDAM, G.; PRACTOR, A. Preparation of Soy Hull Pectin. **Food Chemistry** 1999, 4, 461.

HANDA, A.; TAKAHASHI, N.K.; FRONING, G.W. Heat-induced egg white gels as affected by pH. **Journal of Food Science**, v. 63, n. 3, p. 403-407, 1998.

HERRERO, M.; MARTÍN-ÁLVAREZ, P.; SEÑORÁNS, F. J.; CIFUENTES, A.; IBÁÑEZ, E. Optimization of accelerated solvent extraction of antioxidants from *Spirulina platensis* microalga. **Food Chemistry**, v. 93, n. 3, p. 417-423, 2005.

HIRSCHBRUCH, M.D.; CARVALHO, J.R. **Nutrição Esportiva: Uma Visão Prática**. 2ª ed. São Paulo. Manole. 2008. p. 40-45.

http://revista-fi.com.br/upload_arquivos/201606/2016060026332001464897653.pdf. Acesso em: 10/11/17.

HWANG, J.; PYUN, Y. R. & KOKINI, J.L. Sidechains of pectins: some thoughts on their role in plant cell walls and foods - **Food Hydrocoll.**, v 7, p. 39 (1993).

- KRUŠIĆ, K.; MILOSAVLJEVIĆ, N. B.; FILIPOVIĆ, J. M. Preparation and characterization of pH-sensitive hydrogels based on chitosan, itaconic acid and methacrylic acid. *Polymer International*, Londres, v. 60, n. 3, p. 443-452, 2011.
- LAROSA G. Carbo gel: como, quando e por que consumir? *Fit Perform J* 2005; 4(6): S 318.
- LEE, C. H.; MOTURI, V; LEE, Y. Thixotropic property in pharmaceutical formulations. *Journal of Controlled Release*. v. 136, p. 88–98, 2009.
- LEE, M. H. Freeze-thaw stabilization of sweet potato starch gel by polysaccharide gums. *Food Hydrocolloids*, v. 16, p. 345-352, 2002.
- LEONG, L. P.; SHUI, G. An investigation of antioxidant capacity of fruit in Singapore markets. *Food Chemistry*, Washington, v. 76, p. 69-75, 2002.
- LIN, H-H.; CHAN, K.-C.; SHEU, J.-Y.; HSUAN, S.-W.; WANG, C.-J.; CHEN, J.-H. **Hibiscus sabdariffa leaf induces apoptosis of human prostate cancer cells in vitro and in vivo**. *Food Chem.*, v. 132, p. 880-891, 2012.
- LUNDUBWONG, N.; SEIB, P.A. Rice isolation by alkaline protease digestion of wet-millet rice flour. *Journal of Cereal Science*, v.31, p.63-74, 2000.
- MACHADO, J. C. V. **Reologia e Escoamento de Fluidos**. Rio de Janeiro, RJ. Interciência: Petrobrás, 2002.
- MACIEL, M. J. **Avaliação do extrato alcoólico de hibisco (*hibiscos sabdariffa L.*) como fato de proteção antibacteriana e antioxidante em alimentos**. Tese (Dissertação em Tecnologia de Alimentos) – Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.
- MAHADEVAN, N.; SHIVALI & KAMBOJ, P. Hibiscus sabdariffa Linn. An overview. *Natural Product Radiance*, v.8, n.1, p. 77-83, 2009.
- MANACH, C.; SCALBERT, A.; MORAND, C.; RÉMÉSY, C.; JIMÉNEZ, L. Polyphenols: food sources and bioavailability. *The american Journal of Clinical Nutrition*, Bethesda, v. 79, n. 5, p. 727-747, 2004.
- MCARDLE, W.; KATCH, F. I.; KATCH, V. L. **Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano**. 5ª edição. Rio de Janeiro. Guanabara Koogan, 2003.
- McCALEB, R. S. **Planting time for maximization of yield of vinegar plant calyx (*Hibiscus sabdariffa L.*)**, 1998.
- MELLO, I. L.; COUTINHO. F. M. B.; DELPECH, M. C.; ALBINO, F. F. M.; SANTOS, S. M. **Viscometric Study of High-cis Polybutadiene in Toluene Solution**. *Polímeros* 2006, 1, 194.
- MESBAHI G, JAMALIAN J, FARAHNAKY A. A comparative study on functional properties of beet and citrus pectins in food systems. *Food Hydrocolloid*, v19, p731, 2005.
- MUNHOZ, C. L.; SANJINEZ-ARGANDOÑA, E. J.; SOARES-JÚNIOR, M. S. **Extração de pectina de goiaba desidratada**. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 30, n. 1, p. 119–125, 2010.
- NACZK, M.; SHAHIDI, F. Extraction and analysis of phenolics in food. *Journal of Chromatography A*, v. 1054, p. 95-111, 2004.
- NUTRIRESPONSE. Tudo o que você precisa saber sobre energia géis. Como e quando leva-los?- Disponível em: <https://www.nutriresponse.com/blog/todo-sobre-geles-energeticos>. Acesso: 25 de Out, 2017.

OLIVEIRA, K.H.; SOUZA, J.A. R.; MONTEIRO, A.R. Caracterização reológica de sorvetes. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. v. 28, p. 592-598, 2008.

OLIVEIRA, M. S.; DORS, G. C.; SOARES, S. L. A.; FURLONG, B. E. Atividade antioxidante e antifúngica de extratos vegetais. ***Alimentação e Nutrição***, v. 18, p. 267-275, 2007.

ORÉFICE, R; VILLANOVA, O.C.J. **Aplicação farmacêutica de polímeros**. *Ciência e Tecnologia*, v.20, nº 1, p.51-64, 2010. *Oxford*, v. 79, n. 4, p. 1130–1139, 2010.

OVIDO, I. R.; MENDEZ, N. A. N.; GOMEZ, M. P. G.; RODRIGUEZ, H. C.; MARTINEZ, A. R. Design of a Physical and Nontoxic Crosslinked Poly (Vinyl Alcohol) Hydrogel. ***Journal International Journal of Polymeric Materials and Polymeric Biomaterials***, Londres, v. 57, n. 12, p. 1095-1103, 2008.

OYAZU, M. Studies on product of browning reaction produced from glucose amine. ***The Japanese Journal of Nutrition and Dietetics***, v.44, n. 6, p. 307-315, 1986.

PARKER, R.; RING, S.G. **Aspects of the physical chemistry of starch**. *Journal of Cereal Science*, v. 34, p. 1-17, 2001.

PATEL, S. Hibiscus sabdariffa: An ideal yet under-exploited candidate for nutraceutical applications. ***Biomed. Prev. Nutr.***, v. 4, p. 23-27, 2014.

PELEG H, BODINE K, NOBLE A. The influence of acid on adstringency of alum and phenolic compounds. ***Chem Senses*** 1998; 23 (3): 371-8.

QUISPE, P.B.N. **Estudo do comportamento reológico em cisalhamento estacionário e oscilatório de suspensões de amido de amaranto**. 2003. 100f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP. 2003.

RAMOS, D. D. *et al.* Atividade antioxidante de Hibiscus sabdariffa L. em função do espaçamento entre plantas. ***Ciência Rural***, v.41, n.8, p. 1331-1336, 2011.

REYES, L.F.; VILLARREAL, J.E.; CISNEROSZEVALLOS, L. The increase in antioxidant capacity after wounding depends on the type of fruit or vegetable tissue. ***Food Chemistry***, Amsterdam, v. 101, n. 3, p. 1254–1262, 2007

RIBEIRO, A. C., **Aplicação de compostos fenólicos naturais em produto de panificação: efeito conservador e funcional**. 82.f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciências de Alimentos) – Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2014.

ROGATTO, G. P. **Hidratos de carbono: aspectos básicos e aplicados ao exercício físico**. Buenos Aires- Ano 8 n. 56- 2003.

ROMBALDI, A.J; SAMPEDRO, R.M.F. **Fatores a considerar na suplementação com soluções carboidratos**. *Rev Bras Ativ Física e Saúde*; v.6, n1, p 53-61, 2001.

RUI, L.; MINGZHU, L.; LAN, W. Controlled release NPK compound fertilizer with the function of water retention. ***Reactive and Functional Polymers***, Amsterdam, v. 67, n. 9 p. 769-779, 2007.

SANDHU, K. S.; SINGH, N.; KAUR, N.; Chemical and physical modification of broken rice starch (*Oryza sativa L.*) for use in food industry. ***Food Eng***. 2004, 64, 119

SATO, M.; RAMARATHNAM, N.; SUZUKI, Y.; OHKUBO, T.; TAKEUCHI, M.; OCHI, H. Varietal differences in the phenolic content and superoxide radical scavenging potential of wines from different sources. ***Journal of Agricultural and Food Chemistry***, Easton, v. 44, p. 37-41, 1996.

SAWAYA, A.L., DALLAL, G., SOLYMOS, G. et al. **Obesity and malnutrition in a shantytown population in the city of São Paulo, Brazil. Obesity Research, Baton Rouge**, v.3, n.2, p.107s-115s, 1995.

SCAGLIONI, T. S.; DE SOUZA, T. D.; SCHIMIDT, C. D.; FURLONG, E. B. Availability of free and bound phenolic compounds in rice after hydrothermal treatment. **Journal of Cereal Science**, Rio Grande, v. 60, p 526-532, 2014.

SCHWARB, J. "Forget carb-filled bars, runners gaga for goo". St. Petersburg Times. Retrieved January 13, 2014.

SEBIO, L. **Desenvolvimento de plástico biodegradável a base de amido de milho e gelatina pelo processo de extrusão: Avaliação das propriedades mecânicas, térmicas e de barreira**. Campinas: UNICAMP, 2003. Tese de doutorado em Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, 2003.

SHAHIDI, F.; NACZK, M. Phenolics in food and nutraceuticals. **Trends in Food Science and Technology**. v. 16, p. 171-176, 2005.

SHIH, F.F.; CHAMPAGNE, E.T.; DAIGLE, K.; ZARINS, Z. Use of enzymes in the processing of protein products from rice bran and rice flour. **Nahrung**, v. 43, n.1, p.14-18, 1999.

BAKER, L. A.; RAYARS, P. Freeze-thaw stability of amaranth starch and the effects of salt and sugars. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 75, p. 301-307, 1998.

SWEEDMAN, M. C.; TIZZOTTI, M. J.; SCHAFER, C.; GILBERT, R. G. Structure and physicochemical properties of octenyl succinic anhydride modified starches: A review. **Carbohydrate Polymers**, v. 92, p. 905-920, 2013.

TADINI, C. C.; TELIS, V. R. N.; MEIRELLES, A. J.; PESSOA, P.. **Operações Unitárias na Indústria de Alimentos 1**. 1ª ed. São Paulo, SP. Editora LTC, 2016.

TANNUS, A.F.S.; CARVALHO, R.L.V.; RODRIGUES, L.P.; MEIRELLES, M.S.S.; MERCHINI, J.S.; Determinação do valor energético por calorimétrico por calorimetria direta orimetria direta de alguns alimentos consumidos por crianças e adolescentes. **Revista Nutri.**, Campinas, 14(3): 231-233, set./dez., 2001

TENG, L. I.; CHIN, N. L.; YUSOF, Y. A. Rheological and textural studies of fresh and freeze-thawed native sago starch-sugar gels. I. Optimisation using response surface methodology. **Food Hydrocolloids**, v. 25, n. 6, p. 1530-1537, 2011.

TIAN, S.. Analysis of phenolic compounds in white rice, brown rice, and germinated brown rice. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.52, p.4808-4813, 2004

WATERS, D. L. E.; HENRY, R. J.; REINKE, R. F.; FITZGERALD, M. A. Gelatinization temperature of rice explained by polymorphisms in starch syntase. **Plant Biotechnology Journal**, v. 4, p. 115-122, 2006.

WILLATS, W. G. T.; KNOX, J. P.; MIKKELSEN, J. D. Pectin: New Insights into an Old Polymer are Starting to Gel. **Trends in Food Science and Technology** 2006, 3, 97.

YEH, A. I.; LI, J. Y. A continuous measurement of swelling of rice starch during heating. **Journal of Cereal Science**, v. 23, p. 277-283, 1996.

YOUSEFI, A.R. et al. Steady shear flow behavior and thixotropy of wheat starch gel: impact of chemical modification, concentration and saliva addition. **Journal of Food Process Engineering**, 2014.

ZEISER CC, SILVA R.C.R. O uso de suplementos alimentares entre os profissionais de educação física atuantes em academias da cidade de Florianópolis. **Revista Nutrição em Pauta**, 2007.

ZHANG, R.; TANG, M.; BOWYER, A.; EISENTHAL, R.; HUBBLE, J. A novel pH and ionic strength sensitive carboxy methyl dextran hydrogel. *Biomaterials*. 26, 4677-4683, 2005.

ZHOU, Z.; ROBARDS, K.; HELLIWELL, S.; BLANCHARD, C. Composition and functional properties of rice. *International Journal of Food Science and Technology*, 2002.

APÊNDICE A- Curva de calibração de Ácido Gálico

Curva do padrão Ácido Gálico

