



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

LEINA MARIA HERCULANO MAIA PINHEIRO

ELABORAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE GELATINA DE BEXIGA NATATÓRIA
DE ROBALO (*Centropomus undecimalis*)

FORTALEZA

2021

LEINA MARIA HERCULANO MAIA PINHEIRO

ELABORAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE GELATINA DE BEXIGA NATATÓRIA DE
ROBALO (*Centropomus undecimalis*)

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Área de concentração: Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientadora: Prof^ª. PhD. Elisabeth Mary Cunha da Silva.

Co-orientador: Prof. Dr. Paulo Henrique Machado de Sousa.

FORTALEZA

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

P72c Pinheiro, Leina Maria Herculano Maia.
Elaboração e caracterização de gelatina de bexiga natatória de robalo (*Centropomus undecimalis*) / Leina Maria Herculano Maia Pinheiro. – 2021.
134 f. : il. color.

Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Fortaleza, 2021.

Orientação: Profa. Dra. Elisabeth Mary Cunha da Silva .

Coorientação: Prof. Dr. Paulo Henrique Machado de Sousa .

1. Pescado. 2. Colágeno. 3. Hidrocoloide. 4. Parâmetros de qualidade. 5. Aplicação em alimentos. I. Título.

CDD 664

LEINA MARIA HERCULANO MAIA PINHEIRO

ELABORAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE GELATINA DE BEXIGA NATATÓRIA DE
ROBALO (*Centropomus undecimalis*)

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Área de concentração: Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Aprovada em: ___/___/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof^ª. PhD. Elisabeth Mary Cunha da Silva (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Paulo Henrique Machado de Sousa (Co-orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof^ª. Dr^ª. Virgínia Kelly Gonçalves Abreu (Membro Externo à Instituição)
Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

Prof^ª. Dr^ª. Stella Regina Arcanjo Medeiros (Membro Externo à Instituição)
Universidade Federal do Piauí (UFPI)

Prof^ª. Dr^ª. Claísa Andréa Freitas Rabelo (Membro Externo à Instituição)
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

Prof^ª. Dr^ª. Marlene Nunes Damaceno (Membro Externo a Instituição)
Instituto Federal do Ceará (IFCE)

Prof^ª. Dr^ª. Ana Paula Colares de Andrade (Membro Externo ao Programa)
Universidade Estadual do Ceará (UFC)

AGRADECIMENTOS

À minha família, em especial, aos meu filho Túlio e marido Paulo Cesar, motivos pelo qual me deram ânimo e foram bálsamo para o encerramento deste ciclo.

À minha orientadora Professora Dra. Maria Lúcia Nunes (*in memoriam*). Todos nós temos sempre algo a ensinar e a aprender, mas algumas pessoas nasceram para deixar uma marca forte nos outros, a senhora foi definitivamente uma dessas pessoas. Perdê-la no início deste ciclo foi e é ainda muito doloroso, mas só posso agradecer por tanto. Obrigada por saber ser educadora e, principalmente, humana na relação aluno-professor. Um dia estaremos juntas. Até esse dia, levarei comigo seu otimismo e seu sorriso.

À minha segunda orientadora Professora Dra. Elisabeth Mary Cunha da Silva. Meu muito obrigada pela mão estendida em um momento de perda tão difícil. Obrigada também pela orientação, conhecimento, dedicação e pela amizade em mais de 15 anos. Minha sincera gratidão.

Ao co-orientador Professor Dr. Paulo Henrique Machado de Sousa pela orientação, apoio e toda contribuição para o enriquecimento desta tese. Obrigada.

Aos demais professores participantes da banca examinadora pelas valiosas contribuições.

À bolsista Juliana Maia pela amizade, por ser braço forte nas realizações das análises e por dar incentivo necessário para o andamento da parte prática. Conte comigo sempre.

Aos técnicos de laboratório Luís Bitu, Janevane Castro e Fernando Lima e aos amigos e colegas Thereza, Livânia, Carlota, Júlia, Johnny e Juliene, contar com vocês foi de extrema importância. Meu muito obrigada a cada um.

À Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Funcap) pela ajuda financeira através da bolsa de formação acadêmica.

A todos que de forma direta ou indireta me ajudaram a chegar até aqui. O caminho foi longo, doloroso, mas cheguei. Obrigada.

RESUMO

A elaboração de gelatina de pescado é uma alternativa para diminuição dos resíduos gerados pela indústria pesqueira, minimizando assim, os impactos ambientais. Além disso, apresenta qualidade semelhante às de origem bovina (mais utilizadas na indústria), como também as suínas e as de aves. No entanto, poucos trabalhos avaliam a influência do processo de obtenção da gelatina em suas propriedades finais (força de gel, ponto de fusão, ponto de gelificação e viscosidade). Diante disso, objetivou-se neste trabalho elaborar e caracterizar gelatinas extraídas a partir de bexiga natatória do peixe robalo (*Centropomus undecimalis*). As gelatinas foram extraídas utilizando ácido acético 0,5 M em cinco combinações de tempo e temperatura: 4 °C por 24 h (T1), 24 °C por 48 h (T2), 4 °C por 24 h (T3), 24 °C por 48 h (T4) e 14 °C por 36 h (T5). As gelatinas foram liofilizadas e caracterizadas através dos rendimentos, composição centesimal, valor energético, granulometria, pH, turbidez, cor, propriedades reológicas (força de gel, viscosidade, ponto de gelificação e ponto de fusão), análise termogravimétrica, calorimetria diferencial exploratória, espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier, microscopia eletrônica de varredura, perfil de aminoácidos e avaliadas em relação ao uso em vários tipos de aplicações alimentícias. Os rendimentos variaram entre 11,63% a 31,23%. A composição centesimal indicou grande potencial para extração de colágeno, com teores de proteínas acima de 84%. O valor energético variou de 3,52 a 3,81 Kcal/g. As gelatinas de robalo apresentaram granulometria de 8 mesh, enquanto a comercial bovina de 10 mesh. Os parâmetros de cor L*, a* e b* indicaram que as gelatinas tenderam ao amarelo claro e se apresentaram mais claras do que a controle (gelatina comercial bovina). O pH esteve na faixa de 4,24 a 4,91. A turbidez variou entre 38,00 % a 85,07 %, enquanto a força de gel classificou todas as gelatinas como de alto bloom. A viscosidade variou de 5,11 cP a 35,61 cP. As temperaturas dos pontos de fusão e gelificação das gelatinas solubilizadas em água destilada (6,67%) foram de 25,83 °C a 28,67 °C e de 17,80 °C a 24,67 °C, respectivamente, onde foi observado que a gelatina T5 apresentou os maiores valores. Os espectros de FTIR das gelatinas obtidas revelaram a presença de todas as bandas (Amida A, B, I, II e III). As morfologias das gelatinas apresentaram formato lamelar. Os termogramas de DSC mostraram que os pontos de fusão das gelatinas liofilizadas aconteceram em temperaturas a partir de 23,6 °C e os termogramas de TGA/DTG denotaram a presença de três eventos endotérmicos, todas apresentaram boa estabilidade térmica. Na análise de componentes principais verifica-se que a extração que utilizou 36 h a 14 °C (T5) foi determinante para obtenção das melhores características reológicas (viscosidade, pontos de fusão e gelificação). A composição dos

aminoácidos para a gelatina com melhores características reológicas (T5) variou de 0,21 g/100 g a 23,84 g/100 g, com predominância da glicina. As gelatinas de bexiga natatória de robalo apresentam potenciais para produção industrial e para uso em diversas aplicações alimentícias, como em sobremesas em geral, chocolates, iogurtes e outros.

Palavras-chave: pescado; colágeno; proteína; hidrocoloide, parâmetros de qualidade; aplicações em alimentos.

ABSTRACT

The development of fish gelatine is an alternative to reduce the waste generated by the fishing industry, thus minimizing environmental impacts. In addition, it presents a quality similar to those of bovine origin (most used in the industry), as well as pork and poultry. However, few studies have evaluated the influence of the gelatine production process on its final properties (gel strength, melting point, gelling point and viscosity). The gelatins were extracted from sea bass swim bladder using 0.5 M acetic acid at five time and temperature combinations: 4 °C for 24 h (T1), 24 °C for 48 h (T2), 4 °C for 24 h (T3), 24 °C for 48 h (T4) and 14 °C for 36 h (T5). The gelatins were lyophilized and characterized by yield, proximate composition, energy value, particle size, pH, turbidity, color, rheological properties (gel strength, viscosity, gelling point and melting point), thermogravimetric analysis, differential scanning calorimetry, spectroscopy in infrared by Fourier transform, scanning electron microscopy, amino acid profile and listed for use in various types of food applications. Yields ranged from 11.63% to 31.23%. The proximate composition indicated great potential for collagen extraction, with protein contents above 84%. The energy value ranged from 3.52 to 3.81 Kcal/g. Sea bass gelatins had a particle size of 8 mesh, while the commercial bovine gelatine had 10 mesh. The color parameters L*, a* and b* indicated that the gelatins tended to light yellow and were lighter than the control (commercial bovine gelatin). The pH ranged from 4.24 to 4.91. Turbidity ranged from 38.00 %T to 85.07 %T while gel strength was rated as high bloom for all gelatins. The viscosity ranged from 5.11 cP to 35.61 cP. The melting and gelling point temperatures of gelatins solubilized in distilled water (6.67%) were 25.83 °C to 28.67 °C and 17.80 °C to 24.67 °C, respectively, where it was observed that T5 gelatin had the highest values. For the Dunnett test, the control used was commercial bovine gelatin. The FTIR spectra of the gelatins obtained revealed the presence of all bands (Amide A, B, I, II and III). The morphologies of the gelatins showed a lamellar shape. The DSC thermograms showed that the melting points of freeze-dried gelatins occurred at temperatures from 23.6 °C and the TGA/DTG thermograms showed the presence of three endothermic events, all of which showed good thermal stability. Principal component analysis showed that extraction using 36 h at 14 °C (T5) was crucial for obtaining the best rheological characteristics (viscosity, melting points and gelling). The amino acid composition for gelatin with better rheological characteristics (T5) ranged from 0.21 g/100 g to 23.84 g/100 g, with a predominance of glycine. Sea bass swim bladder gelatins showed their potential for industrial production and for using in various food applications, such as desserts in general, chocolates, yogurts and others.

Keywords: gelatin; swim bladder; characterization; rheological properties; food applications.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Ducto pneumático e bexiga natatória de um peixe teleósteo	27
Figura 2 -	Anatomia externa e bexiga natatória de robalo (<i>Centropomus undecimalis</i>)	29
Figura 3 -	Estrutura polipeptídica do colágeno	31
Figura 4 -	Fontes de colágeno	33
Figura 5 -	Processos de obtenção da gelatina ácida e alcalina a partir do colágeno	40
Figura 6 -	Fluxograma do processo de produção de gelatina comercial	40
Figura 7 -	Esfera cromática CIE Lab	50
Figura 8 -	Processo de obtenção da gelatina de bexiga natatória de robalo	53
Figura 9 -	Gelatinas extraídas de bexiga natatória de robalo por diferentes tratamentos, liofilizadas e moídas e gelatina comercial bovina (controle) em pó e sem sabor	73
Figura 10 -	Curvas de viscosidade das gelatinas extraídas de bexiga natatória de robalo por diferentes tratamentos (T1; T2; T3; T4; T5 e GCB) durante o resfriamento (40 °C a 7 °C) e durante o aquecimento (7 °C a 40 °C)	78
Figura 11 -	(a) Módulos de elasticidade G' , de viscosidade G'' e (b) ângulo de fase δ , durante resfriamento de 40 °C para 7 °C das gelatinas extraída de bexiga natatória de robalo (T1)	81
Figura 12 -	(a) Módulos de elasticidade G' , de viscosidade G'' e (b) ângulo de fase δ , durante resfriamento de 40 °C para 7 °C das gelatinas extraída de bexiga natatória de robalo (T2)	81
Figura 13 -	(a) Módulos de elasticidade G' , de viscosidade G'' e (b) ângulo de fase δ , durante resfriamento de 40 °C para 7 °C das gelatinas extraída de bexiga natatória de robalo (T3)	82
Figura 14 -	(a) Módulos de elasticidade G' , de viscosidade G'' e (b) ângulo de fase δ , durante resfriamento de 40 °C para 7 °C das gelatinas extraída de bexiga natatória de robalo (T4)	82
Figura 15 -	(a) Módulos de elasticidade G' , de viscosidade G'' e (b) ângulo de fase δ , durante resfriamento de 40 °C para 7 °C das gelatinas extraída de bexiga natatória de robalo (T5)	82
Figura 16 -	(a) Módulos de elasticidade G' , de viscosidade G'' e (b) ângulo de fase δ , durante resfriamento de 40 °C para 7 °C da gelatina comercial bovina (GCB) ..	83

Figura 17 - Módulos de elasticidade G' e viscosidade G'' (a) ângulo de fase δ , (b) durante aquecimento de 7 °C para 40 °C da gelatina extraída de bexiga natatória de robalo (T1)	85
Figura 18 - Módulos de elasticidade G' e viscosidade G'' (a) ângulo de fase δ , (b) durante aquecimento de 7 °C para 40 °C da gelatina extraída de bexiga natatória de robalo (T2)	85
Figura 19 - Módulos de elasticidade G' e viscosidade G'' (a) ângulo de fase δ , (b) durante aquecimento de 7 °C para 40 °C da gelatina extraída de bexiga natatória de robalo (T3)	85
Figura 20 - Módulos de elasticidade G' e viscosidade G'' (a) ângulo de fase δ , (b) durante aquecimento de 7 °C para 40 °C da gelatina extraída de bexiga natatória de robalo (T4)	86
Figura 21 - Módulos de elasticidade G' e viscosidade G'' (a) ângulo de fase δ , (b) durante aquecimento de 7 °C para 40 °C da gelatina extraída de bexiga natatória de robalo (T5)	86
Figura 22 - Módulos de elasticidade G' e viscosidade G'' (a) ângulo de fase δ , (b) durante aquecimento de 7 °C para 40 °C da gelatina comercial bovina (controle).....	86
Figura 23 - Espectros de FTIR das gelatinas extraídas de bexiga natatória de robalo por diferentes tratamentos (T1, T2, T3, T4 e T5) e da gelatina comercial bovina (GC/controle).	88
Figura 24 - Termograma de DSC e demarcações de temperatura inicial, temperatura final, Tonset, Tendset e ΔH para o tratamento T1	90
Figura 25 - Termograma de DSC e demarcações de temperatura inicial, temperatura final, Tonset, Tendset e ΔH para o tratamento T2	90
Figura 26 - Termograma de DSC e demarcações de temperatura inicial, temperatura final, Tonset, Tendset e ΔH para o tratamento T3	91
Figura 27 - Termograma de DSC e demarcações de temperatura inicial, temperatura final, Tonset, Tendset e ΔH para o tratamento T4	91
Figura 28 - Termograma de DSC e demarcações de temperatura inicial, temperatura final, Tonset, Tendset e ΔH para o tratamento T5	92
Figura 29 - Termograma de DSC e demarcações de temperatura inicial e final, Tonset e Tendset e ΔH para a gelatina comercial bovina	92
Figura 30 - Curvas termogravimétricas de TGA e sua derivada (DTG) da amostra T1	95
Figura 31 - Curvas termogravimétricas de TGA e sua derivada (DTG) da amostra T2	95

Figura 32 - Curvas termogravimétricas de TGA e sua derivada (DTG) da amostra T3	95
Figura 33 - Curvas termogravimétricas de TGA e sua derivada (DTG) da amostra T4	96
Figura 34 - Curvas termogravimétricas de TGA e sua derivada (DTG) da amostra T5	96
Figura 35 - Curvas termogravimétricas de TGA e sua derivada (DTG) da gelatina comercial bovina (GCB).....	97
Figura 36 - Micrografias das gelatinas extraídas da bexiga natatória de robalo por diferentes tratamentos e da gelatina comercial bovina com aproximação de 150x	99
Figura 37 - Micrografias das gelatinas extraídas da bexiga natatória de robalo por diferentes tratamentos e da gelatina comercial bovina com aproximação de 1000x (a) e 2000x (b)	100
Figura 38 - Espectros EDS da amostra T1.....	101
Figura 39 - Espectros EDS da amostra T2.....	102
Figura 40 - Espectros EDS da amostra T3.....	102
Figura 41 - Espectros EDS da amostra T4.....	103
Figura 42 - Espectros EDS da amostra T5.....	103
Figura 43 - Espectros EDS da gelatina comercial bovina	104
Figura 44 - Análise de Componentes Principais para rendimento, valor energético, composição centesimal, cor, pH, turbidez, ponto de fusão e gelificação, força de gel e viscosidade	105

LISTA DE QUADROS

- Quadro 1 - Grupos funcionais referentes a estrutura da gelatina e valores de comprimento de onda dos espectros das gelatinas extraídas de bexiga natatória de robalo por diferentes tratamentos e da gelatina comercial bovina (controle)..... 89
- Quadro 2 - Aplicação, características, concentração e funções da gelatina e gelatina extraída de bexiga natatória de robalo por diferentes tratamentos que atende a aplicação em produtos alimentícios 110

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição química de bexigas natatórias	27
Tabela 2 - Tipos de colágenos	31
Tabela 3 - Procedimentos utilizados para extrair gelatina de peixe.....	41
Tabela 4 - Composição química de gelatinas de bexigas natatórias	44
Tabela 5 - Porcentagem média de aminoácidos de gelatinas extraídas de bexigas natatórias	45
Tabela 6 - Pontos de fusão de gelatina de bexiga natatória.....	49
Tabela 7 - Composição centesimal média das bexigas natatórias de robalo in natura	60
Tabela 8 - Rendimento médio das gelatinas extraídas de bexiga natatória de robalo em relação ao tipo de tratamento	62
Tabela 9 - Composição centesimal das gelatinas extraídas de bexiga natatória de robalo por diferentes tratamentos e da gelatina comercial bovina (controle).....	64
Tabela 10 - Valor energético das gelatinas extraídas de bexiga natatória de robalo por diferentes tratamentos e da gelatina comercial bovina (controle).....	67
Tabela 11 - Granulometria das gelatinas extraídas de bexiga natatória de robalo por diferentes tratamentos e da gelatina comercial bovina.....	68
Tabela 12 - pH das gelatinas extraídas de bexiga natatória de robalo por diferentes tratamentos e da gelatina comercial bovina (controle).....	69
Tabela 13 - Parâmetros de cor das gelatinas extraídas de bexiga natatória de robalo por diferentes tratamentos e da gelatina comercial bovina (controle).....	71
Tabela 14 - Turbidez das gelatinas extraídas da bexiga natatória de robalo por diferentes tratamentos e da gelatina comercial bovina (controle).....	74
Tabela 15 - Força de gel das gelatinas extraídas da bexiga natatória de robalo por diferentes tratamentos e da gelatina comercial bovina (controle).....	75
Tabela 16 - Viscosidade das gelatinas extraídas da bexiga natatória de robalo por diferentes tratamentos e da gelatina comercial bovina (controle) a 25°C	76
Tabela 17 - Ponto de gelificação das gelatinas extraídas da bexiga natatória de robalo por diferentes tratamentos e da gelatina comercial bovina (controle).....	80
Tabela 18 - Ponto de fusão das gelatinas extraídas da bexiga natatória de robalo por diferentes tratamentos e da gelatina comercial bovina (controle).....	84

Tabela 19 - Temperaturas inicial, final, onset, endset e de pico e área do pico dos termogramas de DSC das gelatinas extraídas de bexiga natatória de robalo por diferentes tratamentos e da gelatina comercial bovina (controle).....	93
Tabela 20 - Temperaturas de degradação térmica (Td), perdas de massa (Δw) e resíduos das gelatinas extraídas de bexiga natatória de robalo por diferentes tratamentos e da gelatina comercial bovina.	98
Tabela 21 - Perfil de aminoácidos do tratamento T5.....	106

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
2	OBJETIVOS	21
3	REVISÃO DE LITERATURA	22
3.1	Cenário mundial e nacional da indústria pesqueira.....	22
3.2	Sustentabilidade da indústria pesqueira.....	23
3.3	Aproveitamento de resíduos de pescado	25
3.4	Bexigas natatórias.....	26
3.5	Comercialização de bexigas natatórias	28
3.6	Robalo (<i>Centropomus undecimalis</i>).....	29
3.7	Colágeno e gelatina: classificação, funções e aplicações.....	30
3.8	Gelatina de peixe e suas aplicações na indústria alimentícia	35
3.9	Métodos de extração de gelatina e obtenção de isinglass	38
3.10	Rendimento e composição centesimal da gelatina	42
3.11	Composição de aminoácidos e peso molecular	44
3.12	Parâmetros de qualidade da gelatina e suas propriedades funcionais e reológicas	46
3.13	Propriedades sensoriais	49
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	52
4.1	Materiais	52
4.2	Pré-tratamento das bexigas natatórias	52
4.3	Extração do colágeno.....	53
4.4	Extração da gelatina	54
4.5	Análises realizadas na bexiga natatória, na gelatina de bexiga natatória de robalo e na gelatina comercial bovina (controle).....	54
4.6	Caracterização físico-química	54
4.6.1	<i>Rendimento das bexigas natatórias e da gelatina</i>	<i>54</i>
4.6.2	<i>Composição centesimal da bexiga natatória e das gelatinas de bexiga natatória de robalo e comercial bovina (controle).....</i>	<i>55</i>
4.6.3	<i>Determinação do valor energético total</i>	<i>55</i>
4.6.4	<i>Determinação granulométrica das gelatinas extraídas de bexiga natatória de robalo e da gelatina comercial bovina (controle).....</i>	<i>55</i>
4.6.5	<i>Determinação de pH das gelatinas de bexiga natatória e da gelatina comercial bovina</i>	<i>56</i>

4.6.7	<i>Análise de cor</i>	56
4.6.8	<i>Análise de turbidez</i>	56
4.7	Caracterização reológica	56
4.7.1	<i>Força de gel</i>	56
4.7.2	<i>Propriedades viscoelásticas</i>	57
4.7.2.1	<i>Viscosidade, ponto de gelificação (gelling point), ponto de fusão (melting point)</i>	57
4.8	Caracterização dos grupos funcionais	57
4.8.1	<i>Espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier (FTIR)</i>	57
4.9	Caracterização térmica	58
4.9.1	<i>Calorimetria exploratória diferencial (DSC)</i>	58
4.9.2	<i>Análise termogravimétrica (TGA/DTG)</i>	58
4.10	Caracterização morfológica	58
4.10.1	<i>Microscopia eletrônica de varredura (MEV)</i>	58
4.11	Determinação de aminoácidos	58
4.12	Análise estatística	59
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	60
5.1	Rendimento e composição das bexigas natatórias	60
5.1.1	<i>Rendimento das bexigas natatórias</i>	60
5.1.2	<i>Composição química das bexigas natatórias</i>	60
5.2	Rendimento e composição centesimal das gelatinas	62
5.2.1	<i>Rendimento das gelatinas</i>	62
5.2.2	<i>Composição centesimal das gelatinas</i>	64
5.3	Valor energético das gelatinas	67
5.4	Determinação granulométrica	68
5.5	Análise de pH	69
5.6	Análise de cor	71
5.7	Análise de turbidez	73
5.8	Caracterização reológica	75
5.8.1	<i>Força de gel</i>	75
5.8.2	<i>Propriedades viscoelásticas</i>	76
5.8.2.1	<i>Viscosidade</i>	76
5.8.2.2	<i>Ponto de gelificação</i>	80
5.8.2.3	<i>Ponto de fusão</i>	83
5.9	Espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier (FTIR)	87

5.10	Calorimetria exploratória diferencial (DSC)	89
5.11	Análise termogravimétrica (TGA/DTG)	94
5.12	Microscopia eletrônica de varredura (MEV)	98
5.13	Análise dos componentes principais	104
5.14	Perfil de aminoácidos da gelatina com as melhores características reológicas ..	106
5.15	Possíveis aplicações das gelatinas extraídas de bexiga natatória de robalo	108
6	CONCLUSÃO	113
	REFERÊNCIAS	115