



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE
SANTANA**

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA



JANAÍNA PIRES SANTOS

**AVALIAÇÃO DO TEOR E ANÁLISE QUALITATIVA DO
ÁGAR DAS ESPÉCIES *GELIDIELLA ACEROSA*
(FORSSKÅL) FELDMANN AND G. HAMEL (GELIDIALES,
RHODOPHYTA) E *GRACILARIA DOMINGENSIS*
(KÜTZING) SONDER EX DICKIE EM COSTÕES
ROCHOSOS DOS MUNICÍPIOS DE ILHÉUS E
URUÇUCA.**

Feira de Santana, BA

2011

JANAÍNA PIRES SANTOS

**AVALIAÇÃO DO TEOR E ANÁLISE QUALITATIVA DO
ÁGAR DAS ESPÉCIES *GELIDIELLA ACEROSA*
(FORSSKÅL) FELDMANN AND G. HAMEL (GELIDIALES,
RHODOPHYTA) E *GRACILARIA DOMINGENSIS*
(KÜTZING) SONDER EX DICKIE EM COSTÕES
ROCHOSOS DOS MUNICÍPIOS DE ILHÉUS E
URUÇUCA.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Biotecnologia, da Universidade Estadual de Feira de Santana como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Biotecnologia.

Orientadora: Profa. Dra. Ana Paula Trovatti Uetanabaro

Co orientadora: Profa. Dra. Cíntia Schultz Coimbra

Feira de Santana, BA

2011

Aos meus pais por todo amor
incondicional e dedicação.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho não teria sido realizado sem a colaboração de muitas pessoas e instituições de forma direta e indireta, o apoio delas tornou a realização desse trabalho possível dos quais não posso deixar de agradecer. Aqui vai o meu muito OBRIGADA!!!

A todo corpo de funcionários da CEPLAC (Centro de Pesquisas do Cacau), que me ajudaram com sua vasta experiência na adaptação das metodologias e afins, agradeço em especial ao Dr. Ediney de Oliveira Magalhães, por ter tornado possível o desenvolvimento desse trabalho proporcionando toda infraestrutura de Laboratórios e equipamentos.

A MÃE e colega de Laboratório, por ter me apoiado e proporcionado literalmente tudo que precisei durante esses dois anos e que sabe como ninguém improvisar em um laboratório, pelas valiosas lições de laboratório que levarei comigo o resto da vida, para você toda a minha admiração e amor.

A Soraya muito obrigada pelos dias e até noites que ficou comigo adaptando metodologias e cálculos e o mais importante dividindo comigo todo seu conhecimento, você foi realmente indispensável.

A minha orientadora Profa. Dra. Cíntia Schultz Coimbra, por ter confiado em mim e por me proporcionar uma experiência tão enriquecedora como essa de ser mestrande, além de me ajudar com a tradução do Abstract, aprendi muito com você.

A Profa. Dra. Fungyi Chow Ho, por ter me ajudado nos experimentos e cálculos das análises de sulfato e 3,6 anidrogactose e em muitos outros momentos, por ter sido sempre muito solícita deixando de fazer suas coisas para me ajudar, mesmo de longe foi muito bom conhecer a senhora.

À Fapesb, pelo apoio financeiro, sem o qual não seria possível a realização desse trabalho.

Aos amigos: Tharcilla (Tetê), Marlla, Maria (Lia), Júnior, Kaoli (Wally), Camila (Pity), Elis (Felis), e todos os outros que por ventura venha esquecer sintam-se abraçados. Obrigada pela amizade, amigos secretos e apoio de todas as horas mesmo que às vezes de longe, vocês fizeram toda diferença amo de verdade.

Ao meu namorado e melhor amigo Rafael por toda paciência, incentivo e por ter me ajudado tanto com as difíceis coletas, se furando em ouriços por mim e por acreditar que eu sou capaz. E que apesar de termos passado por difíceis momentos no finalzinho estamos juntos para o que der e vier nós realmente somos uma dupla dinâmica, Amo você!

Aos meus pais Marizete e Paulo cada um do seu jeito os quais espero não decepcionar, pela minha formação, amor incondicional e por estarem sempre presentes durante os momentos difíceis que foram muitos no desenvolvimento de um trabalho desse porte e por acreditar em mim.

Ao meu irmão Rodrigo pela amizade, e pelos momentos de descontração que me proporcionou com as nossas saídas para comer temaki e pelas risadas com os vídeos engraçados que vimos na internet, valeu Digo!

Aos demais componentes da família em especial ao vovô Armando (*in memoriam*), por ter me ensinado o que realmente é ter garra de viver.

“A alegria está na luta, na tentativa, no sofrimento envolvido e não na vitória propriamente dita”

Mahatma Ghandi

RESUMO

Gelidiella acerosa e *Gracilaria domingensis* são macroalgas vermelhas produtoras de ágar. Estes gêneros possuem destaque na produção de ficocoloides mundial. O ágar é um polissacarídeo cuja estrutura química consiste de duas frações: agarose e agarpectina que estão presentes na parede celular destas macroalgas. As variações do tipo de ágar podem ocorrer em uma mesma espécie e por isso, são considerados como família química das agaranas. Tanto o rendimento, quanto a caracterização química do ágar representam parâmetros importantes de interesse comercial. Os resultados para teor e qualidade do ágar foram obtidos a partir de coletas realizadas em dois costões nos Municípios de Ilhéus e Uruçuca. O teor de ágar da espécie *Gracilaria domingensis* foi mais elevado quando comparado aos valores encontrados para *Gelidiella acerosa* no mesmo local. Tais variações podem ser oriundas de fatores como: a constituição do talo, a extração e condições ecofisiológicas. Os dados para qualidade do gel revelaram que a espécie *Gracilaria domingensis*, destacou-se pelo alto teor de 3,6 anidrogactose, não obstante ofereceu um produto com menor poder de gel em relação à *Gelidiella acerosa*, sugerindo aplicações comerciais relacionadas ao setor alimentício. Por outro lado, a espécie *Gelidiella acerosa* apresentou um ágar com alta qualidade de gel que atende aos padrões de exigência do mercado. O presente trabalho foi pioneiro na investigação do potencial econômico das espécies *Gelidiella acerosa* e *Gracilaria domingensis* para a região do sul da Bahia e representa o ponto de partida para estudos adicionais a cerca da viabilidade implantação de cultivo na região.

Palavras-chave: Ficocoloide. ágar. Agaranas. agarófitas.
Rhodophyta. *Gelidiella*. *Gracilaria*.

ABSTRACT

Gelidiella acerosa and *Gracilaria domingensis* are red algae producing agar. These kinds of genera are highlighted in the production of phycocolloids world. Agar is a polysaccharide whose chemical structure consists of two parts: agarose and agaropectin that are present in cell walls of these seaweeds. Variations in the type of agar can occur in one species and therefore are considered as chemical family of agaranas. Both the yield and chemical characterization of agar show us important parameters of commercial interest. The results for content and quality of agar were obtained from samples collected in two shores at the Ilhéus and Uruçuca. The agar content of *Gracilaria domingensis* species was higher when compared to those found for *Gelidiella acerosa*, in the same place such variations can be derived from such factors as: the formation of the stem, the extraction and ecophysiological conditions. Data for quality of the gel revealed that the specie *Gracilaria domingensis* was highlighted by a high content of 3.6 anhydrogalactose, nevertheless offered a product less power compared to gel of *Gelidiella acerosa*, suggesting less demanding commercial applications, related to the sector food. On the other hand, the specie *Gelidiella acerosa* presented an agar gel with high quality that meets standards of market demand. This study was pioneered about the investigation of the economic potential of species of *Gracilaria domingensis* and *Gelidiella acerosa* to southern Bahia and represents the starting point for further studies on the feasibility of deployment of cultivation in the region.

Keywords: Phycocolloids. Agar. Agaranas. Agarophytes. Rhodophyta. *Gelidiella*. *Gracilaria*.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 01:** Cronograma das coletas destinadas a extração do ágar nas estações de coleta do Morro de Pernambuco (MP) e Serra Grande (SG) em 2010.
- Tabela 02:** Relação das espécies de macroalgas e suas utilizações na indústria mundial.
- Tabela 03:** Relação dos para a padronização da metodologia de extração do ágar de *Gelidiella acerosa* e *Gracilaria domingensis*.
- Tabela 04:** Teor percentual do ágar (ágar/ macroalga seca) para as espécies *Gelidiella acerosa* e *Gracilaria domingensis* na estação Serra Grande, durante os meses citados na tabela no ano de 2010. Para cada uma das espécies estudadas: sem tratamento (ágar *in natura*) e com tratamento.
- Tabela 05:** Teor percentual do ágar (ágar/ macroalga seca) para as espécies *Gelidiella acerosa* e *Gracilaria domingensis* na estação Morro de Pernambuco, durante os meses citados na tabela no ano de 2010. Para cada espécie estudada: sem tratamento (ágar *in natura*) e com tratamento.
- Tabela 06:** Listagem dos resultados encontrados por diferentes autores de teor percentual do ágar extraídos de *Gelidiella acerosa*.
- Tabela 07:** Listagem dos resultados encontrados por diferentes autores de teor percentual do ágar extraídos de espécies de *Gracilaria*.
- Tabela 08:** Listagem dos resultados encontrados por diferentes autores de teor percentual do ágar, sulfato (SO₄) e 3,6 anidrogactose (3,6 AG) de diferentes espécies das ordens Gelidiales e Gracilariales.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 01:** **A)** Aspecto geral dos ramos de *Gelidiella acerosa* sobre substrato consolidado, **B)** Aspecto geral dos ramos de *Gelidiella acerosa*, **C)** Corte transversal do talo mostrando células corticais (**cx**) e medulares (**m**) com ausência de rizines e **D)** Corte transversal destacando tetrasporângio tetraédrico (seta).
- Figura 02:** **A)** Aspecto geral dos ramos de *Gracilaria domingensis* sobre substrato consolidado, **B)** Aspecto geral dos ramos de *Gracilaria domingensis*, **C)** Corte transversal do talo com células corticais (**cx**) pigmentadas e pequenas e células medulares (**m**) grandes e incolores e **D)** Corte transversal mostrando cistocarpo em planta feminina, destacando com seta as várias camadas de células do pericarpo.
- Figura 03:** Estrutura química do ágar: Agarose, que consiste em repetidas unidades de alternadas e a agarpectina é um polissacarídeo sulfatado composto de agarose e percentuais variados de éster sulfato e outros substituintes.
- Figura 04:** Esquema de gelificação do ágar. Espirais aleatórias (**A**), com o resfriamento as duplas hélices se agregam (**B**), podem se agrupar com outras duplas hélices (**C**), por fim constituindo uma rede tridimensional, formando o gel de ágar (**D**) (adaptado de Potter, 2010).
- Figura 05:** Mapa e fotografias das estações de coleta Serra Grande e Morro de Pernambuco, representando os Municípios de Uruçuca e Ilhéus no sul baiano (adaptado de Nascimento *et al.*, 2007).
- Figura 06:** Lavagem das amostras de *Gelidiella acerosa* sobre peneira Granutest (malha 0,044 mm), após pré-tratamento com ácido acético 0,5 %.
- Figura 07** Amostras em preparo para extração, detalhe para a vedação dos Erlenmeyers com rolhas de algodão adaptadas para evitar perdas do material.
- Figura 08:** Esquema das etapas de filtração à vácuo do ágar extraído de *Gelidiella acerosa* e *Gracilaria domingensis*. A legenda representa as amostras extraídas em autoclave ou banho Maria (**A**); Amostras aquecidas seguindo para etapa de filtração (**B**); Sistema de filtração à vácuo (**C**) e (**D**) o ágar.
- Figura 09:** Fluxograma das diferentes fases do processo extrativo do ágar para *Gelidiella acerosa* e *Gracilaria domingensis*: A- Limpeza; B- Pré-tratamento; C- Extração; D- Filtração; E- Congelamento e descongelamento e F- Secagem. (adaptado de McHUGH, 2003).
- Figura 10:** Variações no teor percentual do ágar (ágar / macroalga seca) das espécies *Gelidiella acerosa* (GLA) e *Gracilaria domingensis* (GDM) durante os meses de agosto, setembro e novembro para estação de coleta Serra Grande (**A**) e durante os meses de junho, agosto, setembro e novembro para estação de coleta Morro de Pernambuco (**B**) em 2010. Os asteriscos e o símbolo (*), representam as variações significativas em relação ao uso ou não de tratamento utilizando-se o Teste Newman-Keuls, ANOVA com $p < 0.05$.
- Figura 11:** Efeito do tratamento sobre o teor percentual do ágar das espécies *Gelidiella acerosa* (GLA) e *Gracilaria domingensis* (GDM) durante os meses de agosto, setembro e novembro para estação de coleta Serra Grande (**A**) e durante os meses de junho, agosto, setembro e novembro para estação de coleta Morro de Pernambuco (**B**) em 2010. O asterisco representa onde houve influência significativa do tratamento. Utilizando-se o Teste de Newman-Keuls, ANOVA com $p < 0.05$.

- Figura 12:** Efeito das diferentes estações de coleta sobre o rendimento do ágar das macroalgas *Gelidiella acerosa* (GLA) e *Gracilaria domingensis* (GDM) em amostras *in natura* (GLA *in nat* e GDM *in nat*) e tratadas (GLA t e GDM t), durante os meses de agosto, setembro e novembro para estação de coleta Serra Grande e Morro de Pernambuco em 2010. O asterisco representa que houve influência significativa do local. Utilizando-se o teste Newman-Keuls, ANOVA com $p < 0.05$.
- Figura 13:** Etapa de quantificação do teor de 3,6 anidrogactose no ágar de *Gelidiella acerosa*, as amostras com coloração mais clara e mais escura representam baixos e altos teores de 3,6 anidrogactose respectivamente.
- Figura 14:** Curva padrão utilizando-se frutose, para análise colorimétrica do teor de 3,6 anidrogactose com leitura espectrofotométrica feita a 635nm.
- Figura 15:** Curva padrão construída para determinação de sulfato para o ágar de *Gelidiella acerosa* e *Gracilaria domingensis* no litoral sul baiano.
- Figura 16:** Variações no teor percentual de 3,6 anidrogactose do ágar das espécies *Gelidiella acerosa* (GLA) e *Gracilaria domingensis* (GDM) durante os meses de agosto, setembro e novembro para estação de coleta Serra Grande (**A**) e durante os meses de junho, agosto, setembro e novembro para estação de coleta Morro de Pernambuco (**B**) em 2010. O asterisco e o símbolo (*), representam as variações significativas em relação ao uso ou não de tratamento utilizando-se o Teste Newman-Keuls, ANOVA com $p < 0.05$.
- Figura 17:** Efeito do tratamento sobre o teor percentual de 3,6 anidrogactose no ágar das espécies *Gelidiella acerosa* (GLA) e *Gracilaria domingensis* (GDM) durante os meses de agosto, setembro e novembro para estação de coleta Serra Grande (**A**) e durante os meses de junho, agosto, setembro e novembro para estação de coleta Morro de Pernambuco (**B**) em 2010. O asterisco e o símbolo (*), representam as variações significativas em relação ao uso ou não de tratamento utilizando-se o Teste Newman-Keuls, ANOVA com $p < 0.05$.
- Figura 18:** Efeito das diferentes estações de coleta sobre o teor de 3,6 anidrogactose no ágar das macroalgas *Gelidiella acerosa* (GLA) e *Gracilaria domingensis* (GDM) em amostras *in natura* (GLA *in nat* e GDM *in nat*) e tratadas (GLA t e GDM t), durante os meses de agosto, setembro e novembro para estação de coleta Serra Grande e Morro de Pernambuco em 2010. O asterisco representa onde houve influência significativa do local. Utilizando-se o teste Newman-Keuls, ANOVA com $p < 0.05$.
- Figura 19:** Variações no teor de sulfato no ágar das espécies *Gelidiella acerosa* (GLA) e *Gracilaria domingensis* (GDM) nas estações de coleta: A) Serra Grande (SG), nos meses de agosto, setembro e novembro de 2010 e B) Morro de Pernambuco (MP) nos meses de junho, agosto, setembro e novembro de 2010. O asterisco representa as variações significativa. Utilizando-se o teste Newman-Keuls, ANOVA com $p < 0.05$.
- Figura 20:** Efeito do tratamento sobre o teor de sulfato no ágar das macroalgas *Gelidiella acerosa* (GLA) e *Gracilaria domingensis* (GDM) nas estações de coleta: **A**) Serra Grande (SG), nos meses de agosto, setembro e novembro de 2010 e **B**) Morro de Pernambuco (MP) nos meses de junho, agosto, setembro e novembro de 2010. O asterisco representa as variações significativa. Utilizando-se o teste Newman-Keuls, ANOVA com $p < 0.05$.
- Figura 21:** Efeito das diferentes estações de coleta sobre o teor de sulfato no ágar das macroalgas *Gelidiella acerosa* (GLA) e *Gracilaria domingensis* (GDM) em amostras *in natura* (GLA *in nat* e GDM *in nat*) e tratadas (GLA t e GDM t), durante os meses de agosto, setembro e novembro para estação de coleta Serra Grande

e Morro de Pernambuco em 2010. O asterisco representa onde houve influência significativa do local. Utilizando-se o teste Newman-Keuls, ANOVA com $p < 0.05$.

Figura 22: Aspecto do ágar extraído de *Gelidiella acerosa*: **A-** Representa amostras de ágar *in natura* e **B-** Amostras de ágar com pré-tratamento ácido acético 0,5%.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL		
	INTRODUÇÃO	15
	ÁGAR	19
	MERCADO	21
	OBJETIVOS	23
	ÁREA DE ESTUDO	23
	REFERÊNCIAS	27
CAPÍTULO 1		
1.1	PANORAMA DA ALGICULTURA MUNDIAL	31
1.2	PANORAMA DA ALGICULTURA BRASILEIRA	34
	REFERÊNCIAS	40
CAPÍTULO 2		
2.1	INTRODUÇÃO	44
2.2	MATERIAIS E MÉTODOS	45
2.2.1	EXTRAÇÕES TESTE	46
2.2.2	TESTE DOS FILTROS	46
2.3	RESULTADOS	51
2.3.1	EXTRAÇÕES TESTE	51
2.3.2	TESTE DOS FILTROS	53
2.3.3	EXTRAÇÃO DO ÁGAR DE <i>GELIDIELLA ACEROSA</i> E <i>GRACILARIA DOMINGENSIS</i>	53
2.4	DISCUSSÃO	58
2.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	63
	REFERÊNCIAS	65
CAPÍTULO 3		
3.1	INTRODUÇÃO	69
3.2	MATERIAIS E MÉTODOS	72
3.2.1	PREPARO DOS REAGENTES PARA ANÁLISE COLORIMÉTRICA (3,6 ANIDROGALACTOSE)	73
3.2.2	CURVA PADRÃO	73
3.2.3	PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS PARA ANÁLISE	74
3.2.4	QUANTIFICAÇÃO DE 3,6 ANIDROGALACTOSE	74
3.2.5	SOLUÇÃO PADRÃO DE SULFATO DE SÓDIO PARA ANÁLISE TURBIDIMÉTRICA (SULFATO)	75
3.2.6	ÁCIDO CLORÍDRICO 1 N	75
3.2.7	SOLUÇÃO DE ÁCIDO TRICLOROACÉTICO	76
3.2.8	REAGENTE DE CLORETO DE BÁRIO E GELATINA	76
3.2.9	DILUIÇÕES PARA DETERMINAÇÃO DA CURVA PADRÃO	76
3.2.10	HIDRÓLISE DO ÁGAR	76
3.2.11	QUANTIFICAÇÃO DO SULFATO	78
3.3	RESULTADOS	78
3.4	DISCUSSÃO	85
3.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	89
	REFERÊNCIAS	91
	CONCLUSÃO GERAL	95

INTRODUÇÃO GERAL

INTRODUÇÃO

O ágar é o mais antigo ficocoloide e foi descoberto por volta de 1658 no Japão. Inicialmente, foi chamado de *kanten* ou “céu gelado”, devido ao método de produção descrito no século XVII e ainda utilizado. Este método consiste na realização de ciclos de congelamento-descongelamento do ágar. No século XVII, o ágar já era produzido no Japão comercialmente na forma de tiras ou cubos. Na Europa, os usos em microbiologia estão descritos desde o ano 1912 até meados da década de 50. Nos Estados Unidos, a produção e utilização do ágar datam antes da II Guerra Mundial (ARMISÉN, 1991).

Tal ficocoloide é tipicamente extraído de macroalgas da divisão Rhodophyta, principalmente das ordens Gelidiales (*Gelidium* spp., *Pterocladia* spp. e *Gelidiella* spp.) e Gracilariales (*Gracilaria* spp. e *Hydropuntia* spp.) (PEREIRA-PACHECO *et al.*, 2007).

Gelidiella acerosa (Rhodophyta, Rhodymeniophycidae, Gelidiales, Gelidiellaceae), é uma macroalga de coloração vermelho vináceo podendo ocorrer algumas vezes em tonalidades amarronzadas ou esverdeadas (Figura 01 A). Esta espécie possui ampla distribuição em muitos países tropicais constituindo importante comunidades macroalgais bentônicas das zonas entre marés, em geral forma tapetes mesclados com outras espécies cobrindo o substrato consolidado (Figura 01 B). Tal gênero encontra-se em uma família com dois gêneros denominada Gelidiellaceae. A principal característica distintiva desta família é a ausência de rizines, que são espessos filamentos de fibras presentes no córtex ou na região medular das macroalgas da família Gelidiellaceae (Figura 01C). Considera-se caractere distintivo da espécie os esporângios divididos tetraedricamente (Figura 01 D). Este caractere pode ser observado com frequência graças a baixa frequência de ocorrência de exemplares em fase gametofítica (PRASAD *et al.*, 2007; LIN & FRESHWATER, 2008).

A importância econômica de *Gelidiella acerosa* está relacionada principalmente pela alta qualidade do seu ágar, apresentando altos valores de força do gel, temperatura de derretimento e gelificação, tais características tornam o ágar dessa espécie amplamente utilizado na área bacteriológica

(GANESAN *et al.*, 2008). Constitui também um dos principais recursos para a manufatura do ágar nas Filipinas e na Índia.

Estima-se que a biomassa desta espécie em bancos naturais da Índia seja de aproximadamente 10.000 toneladas de peso seco por ano. Tradicionalmente, estes países utilizam este recurso apenas de forma exploratória, contudo, nas duas últimas décadas alguns estudos tem fornecido subsídios para aplicação de um manejo sustentável (PRASAD *et al.*, 2007; ROLEDA *et al.*, 1997; GANESAN *et al.*, 2008; KAPRAUN *et al.*, 1994).

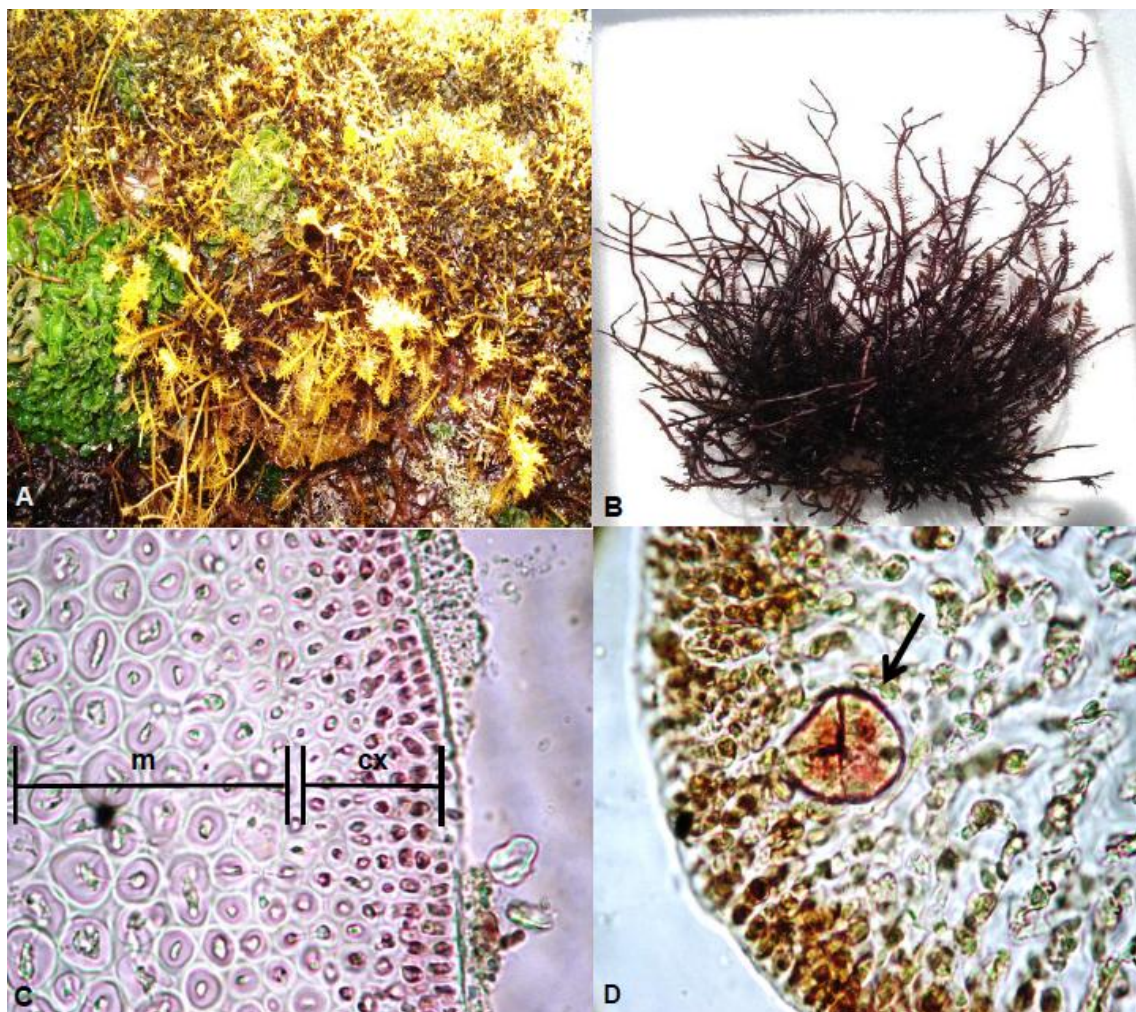


Figura 01- **A)** Aspecto geral dos ramos de *Gelidiella acerosa* sobre substrato consolidado, **B)** Aspecto geral dos ramos de *Gelidiella acerosa*, **C)** Corte transversal do talo mostrando células corticais (**cx**) e medulares (**m**) com ausência de rizines e **D)** Corte transversal destacando tetrasporângio tetraédrico (seta).

Embora, a qualidade do ágar destaque-se entre as demais agarófitas, *Gelidiella acerosa* ainda é pouco estudada no Brasil e no mundo. Considerando-se estudos básicos como os de distribuição e mapeamento de áreas de ocorrência, no âmbito mundial, destacam-se poucos trabalhos

apresentando os registros a cerca dos estoques naturais de *Gelidiella* e estão restritos as costas das Filipinas e Índia (GANESAN *et al.*, 2008).

O gênero *Gracilaria* é considerado o maior gênero da divisão Rhodophyta com mais de 150 espécies descritas e possui distribuição cosmopolita com o maior estoque natural e número de espécies ocorrendo em áreas tropicais e subtropicais (ARMISÉN, 1995).

Gracilaria domingensis (Kützinger) Sonder ex Dickie, pertence à ordem Gracilariales e apresenta talo comprimido ou forma de fita muito ramificado (Figura 02 A). Ocorre preferencialmente em regiões entre-marés a franja inferior e pode ocorrer no infralitoral (Figura 02 B). A espécie possui várias fileira de células corticais pequenas e pigmentadas e medula com células grande e sem pigmentação (Figura 02 C), possui cistocarpos arredondados com pericarpo contendo várias camadas de células (Figura 02 D). No litoral brasileiro, a espécie, ocorre desde o Estado do Ceará até Santa Catarina (OLIVEIRA, 1998).

A ampla distribuição do gênero *Gracilaria* lhe confere grande importância econômica que tem sido fundamental na seleção das espécies a serem empregadas em sistemas de cultivo. Embora, diversos países tenham realizado testes para o cultivo de exemplares do referido gênero, até o momento, poucos obtiveram tanto sucesso com o cultivo em escala comercial quanto: Taiwan, China e Chile (CRITCHLEY & OHNO, 1998).

A presença de ágar na matriz celular em espécies de *Gracilaria*, não garantiu sua exploração comercial, pois o ágar de alguns representantes desse gênero apresentavam características consideradas inadequadas pelo mercado internacional. A descoberta de que a hidrólise alcalina dos grupos sulfato do ágar aumentaria a capacidade de gelificação desse ficocoloide proporcionando também melhorias na sua qualidade impulsionando a exploração comercial deste gênero (McHUGH, 2003). Tal descoberta, fez com que muitos pesquisadores investissem em trabalhos com espécies do gênero *Gracilaria* de diferentes partes do mundo, abordando aspectos da sua fisiologia, ecologia, técnicas e metodologias de cultivo. Destacam-se também, estudos de caracterização do ágar, tais como seu rendimento e qualidade, aumentando consideravelmente a quantidade de informações a respeito desse gênero (YOSHIMURA, 2006).



Figura 02- **A)** Aspecto geral dos ramos de *Gracilaria domingensis* sobre substrato consolidado, **B)** Aspecto geral dos ramos de *Gracilaria domingensis*, **C)** Corte transversal do talo com células corticais (**cx**) pigmentadas e pequenas e células medulares (**m**) grandes e incolores e **D)** Corte transversal mostrando cistocarpo em planta feminina, destacando com seta as várias camadas de células do pericarpo.

Atualmente, algumas espécies de *Gracilaria* são consideradas como os maiores recursos para produção de ágar mundialmente, totalizando 53% de toda quantidade produzida no mundo, os 44% restantes, dividem-se entre as espécies do gênero *Gelidium* e apenas uma 3% da produção derivadas das espécies de *Pterocliadiella* e *Gelidiella* (McHUGH, 1991).

Embora, *Gracilaria* seja considerada um excelente recurso na produção do ágar, o gel produzido por algumas espécies apresenta baixa capacidade de gelificação e alta sulfatação o que torna a aplicação do seu ágar voltado para o setor alimentício. Neste setor, o gel é amplamente utilizado como agente gelificante conferindo aos alimentos textura suave, além do uso em confeitarias como substituto de gordura vegetal (FREILE-PELEGRÍN & MURANO, 2005).

Ágar

O ágar pertence a uma família química das agaranas, pois existem algumas modificações que configuram diferentes tipos de ágar e essas mudanças podem estar atreladas as pressões impostas pelo ambiente, a fase do ciclo de vida e as diferenças entre as espécies agarófitas produtoras. Considera-se o ágar como um biopolímero catiônico, também denominado como galactana sulfatada, que constitui componente da matriz celular. O ágar é produzido e armazenado em uma estrutura denominada agarócito presente em algumas macroalgas vermelhas, destacando-se representantes das ordens Gracilariales e Gelidiales como as mais exploradas mundialmente (OLIVEIRA *et al.*, 1992; MOURADI-GIVERNAUD *et al.*, 1999; ALISTE, 2006; BORAL & BOHIDAR, 2009; GONZÁLEZ-LEIJA *et al.*, 2009).

A estrutura química do ágar é composta por unidades repetidas de $\beta(1\rightarrow4)$ -D e $\alpha(1\rightarrow3)$ -L ligados a 3,6 anidrogactose, diversas modificações podem ocorrer na molécula podendo ter substituintes principalmente como grupos sulfatos, piruvato, ou metoxil (Figura 03).

As agaranas são utilizadas especialmente na preparação de gelatinas, algumas de alta resistência, podendo resistir a uma pressão de mais de 1.000 gramas/cm² (OLIVEIRA *et al.*, 1992; ALISTE, 2006).

O gel de ágar apresenta estrutura molecular em cadeia com conformação helicoidal, tais interações entre estas cadeias formam uma rede tridimensional capaz de aprisionar um considerável número de moléculas de água nos interstícios. As ligações de hidrogênio entre as moléculas de água e entre os átomos de oxigênio presentes na galactopiranosose e na anidrogactose são responsáveis pela estabilização da estrutura do gel (LAHAYE & ROCHA, 1991; SAITO, 1997) (Figura 04).

As várias aplicações do ágar em diversos setores industriais são devidas as propriedades físico químicas conferidas a ele. Devido ao fato de formar géis, o ágar é amplamente empregado na área bacteriológica, na produção de alimentos, em cosméticos e na produção de fármacos, entre outros usos. Considera-se suas principais vantagens em relação a outras substâncias gelificantes, o seu alto poder de histerese e a mudança da capacidade de gelificar de acordo com a concentração utilizada. Estas propriedades, somadas a uma alta resistência ao ataque de microorganismos, conferem ao ágar a

utilização na preparação de meios de cultura. O ágar ainda é muito empregado em orquidários, onde os géis são utilizados como substrato para o desenvolvimento de plântulas (OLIVEIRA *et al.*, 1992).

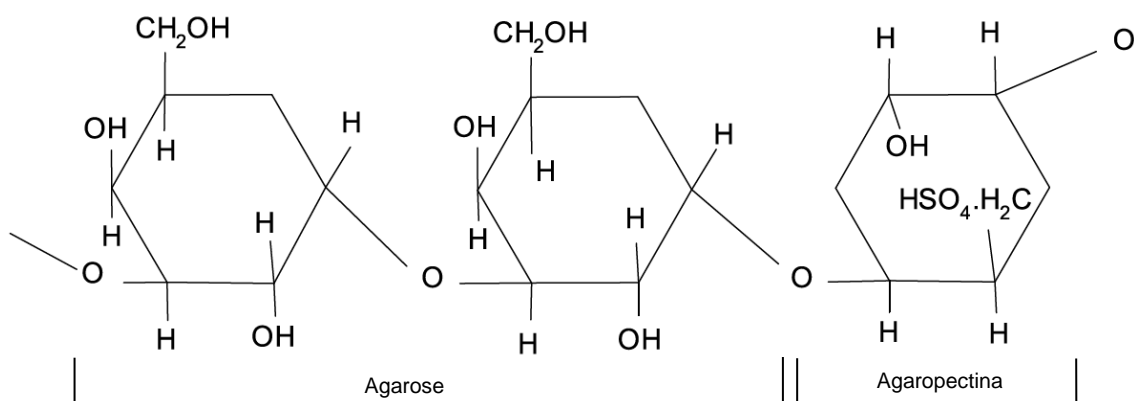


Figura 03- Estrutura química do ágar: Agarose, que consiste em repetidas unidades de alternadas e a agarpectina é um polissacarídeo sulfatado composto de agarose e percentuais variados de éster sulfato e outros substituintes.

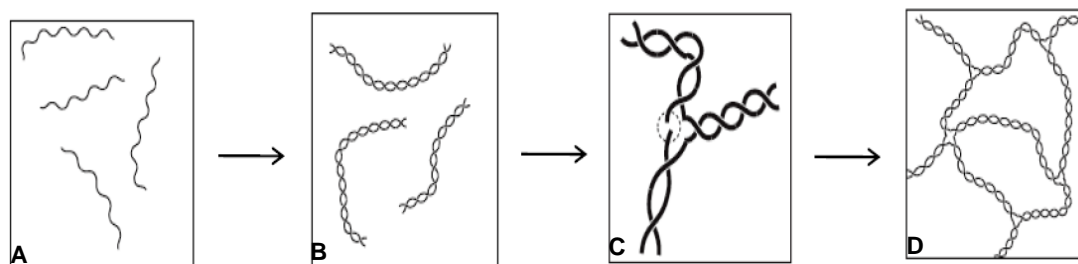


Figura 04- Esquema de gelificação do ágar. Espirais aleatórias (A), com o resfriamento as duplas hélices se agregam (B), podem se agrupar com outras duplas hélices (C), por fim constituindo uma rede tridimensional, formando o gel de ágar (D) (adaptado de Potter, 2010).

O ágar destinado a alimentação é considerado de boa qualidade, quando possuir baixos teores de sulfato. A quantificação dos teores de sulfato na molécula de ágar fornece um dos parâmetros de qualificação deste ficocoloide, a retirada de sulfato e a sua transformação em 3,6 anidrogactose, aumentam a qualidade do gel (MATHEIESON *et al.*, 1984; LAHAYE & ROCHAS, 1991; MURANO *et al.*, 1996; REBELLO *et al.*, 1997). Contudo, o ágar que é utilizado na bacteriologia deve ter alguns pré-requisitos como, ser resistente a hidrolises enzimáticas, possuir uma alta força do gel e ausência de cargas (ARMISÉN, 1991).

Mercado

O comércio mundial da agarose consiste em um pequeno número de processadoras que conseguem produzir um ficocoloide com alto grau de pureza e portanto, com as exigências adequadas para um mercado igualmente pequeno voltado para aplicações biotecnológicas (McHUGH, 2003).

Destacam-se, entre as diversas utilizações do ágar destacam-se, aquelas ligadas aos setores alimentício e farmacêutico. O ágar possui baixo teor calórico, por isso, é frequentemente utilizado em produtos dietéticos, além de possuir alto teor de fibras sendo também utilizado no setor farmacêutico como laxante suave. Entretanto observa-se que sua maior demanda de mercado é sem dúvida o setor alimentício, que consumiu cerca de 6.930 toneladas no ano de 2001, o que correspondeu a 91% de todo o ágar produzido no referido ano (McHUGH, 2003).

Gelidiella acerosa constitui um dos principais recursos para produção de ficocolóide nas processadoras de ágar da Índia, devido o ágar desta espécie apresentar baixos teores de sulfato e elevada força do gel, propriedades essas que conferem alto interesse comercial ao produto (McHUGH, 2003).

Na América do Sul, o país com maior destaque para utilização dos recursos macroalgais é o Chile, que apresentou nos últimos dez anos um grande desenvolvimento na indústria de processamento de ficocoloides. Esses avanços foram possíveis através da propagação de métodos, estudos detalhados a cerca das condições e técnicas de cultivo. Atualmente, a única agarófita cultivada em larga escala e utilizada no Chile é a espécie *Gracilaria chilensis*. Esta espécie possui forte demanda na indústria alimentícia deste país, produzindo atualmente 120.000 toneladas de peso seco por ano. A produção satisfatória de biomassa da macroalga *G. chilensis* deve-se ao conhecimento de aspectos da biologia e da fisiologia da espécie (BUSCHMANN *et al.*, 2001).

Segundo Ganzon-Fortes (1999), o fato de possuir um ágar de qualidade muito superior a do gênero *Gracilaria*, está fazendo com que os bancos naturais de *Gelidiella acerosa* sofram grande depleção devido a exploração em muitos países do mundo.

No contexto nacional, a aquisição de conhecimento básico a cerca do mapeamento, recobrimento dos bancos naturais e dos aspectos da fisiologia de

Gelidiella acerosa poderia atender a esta forte demanda de estudos aplicados voltados para os ajustes de técnicas de implementação de cultivos das espécies potenciais, proporcionando o aproveitamento de recursos naturais disponíveis nas costas tropicais brasileiras.

No Brasil, a exploração de macroalgas iniciou-se por volta da década de 40. O impacto social e econômico que tal atividade causava era reduzido e estava restrito basicamente a região nordeste do país (OLIVEIRA, 1998). O cultivo de macroalgas alcançou uma produção comercial significativa entre as décadas de 70 e 80, restritas para a produção de ágar e carragenanas para exportação (STREIT *et al.*, 2004).

Em um estudo realizado na costa brasileira por Vidoti & Rollemberg (2004), os autores concluíram que a região litorânea compreendida entre os Estados do Ceará e a porção norte do Rio de Janeiro destaca-se como aquela que abriga a mais diversificada flora macroalgal do país. No entanto, a exploração de espécies com fins comerciais, tem a sua maior parte destinada a coleta de macroalgas vermelhas (*Gracilaria* e *Hypnea*) no litoral do nordeste, principalmente na costa entre os estados do Ceará e da Paraíba.

Atualmente, as principais espécies cultivadas e utilizadas para produção de ficocoloides no Brasil são *Hypnea musciformis* e *Kappaphycus alvarezii* para produção de carragenana e *Gracilaria birdiae*, *Gracilaria caudata*, *Hydropuntia cornea* e *Gracilaria domingensis* na produção de ágar (VIDOTTI & ROLLEMBERG, 2004).

A produção de ficocoloides das macroalgas vermelhas é sem dúvida, uma oportunidade do Brasil de desenvolver indústrias sólidas, não só para abastecer o comércio interno como também para exportação (OLIVEIRA FILHO, 1981). O investimento em espécies de ocorrência representativa como *Gelidiella acerosa* pode representar uma interessante alternativa comercial ainda inexplorada no litoral brasileiro.

Objetivos

1. Avaliar de forma comparativa o teor de ágar entre as espécies *Gelidiella acerosa* e *Gracilaria domingensis* nos Municípios de Ilhéus e Uruçuca, Bahia;

2. Comparar as possíveis variações no teor de ágar das populações de cada espécie nos diferentes meses e áreas de estudo;
3. Analisar as propriedades químicas, conteúdo de sulfato e 3,6 anidro-D-galactose, das duas agarofitas estudadas de forma comparativa.

Área de estudo

O presente trabalho foi realizado na região entre-marés de costões rochosos situados no Litoral sul da Bahia, nos Municípios de Ilhéus e Uruçuca, respectivamente denominados Morro de Pernambuco ($14^{\circ} 47' 00''$ S, $39^{\circ} 02' 00''$ W) e Serra Grande, ($14^{\circ} 28' 39''$ S, $39^{\circ} 01' 47''$ W) (Figura 05).

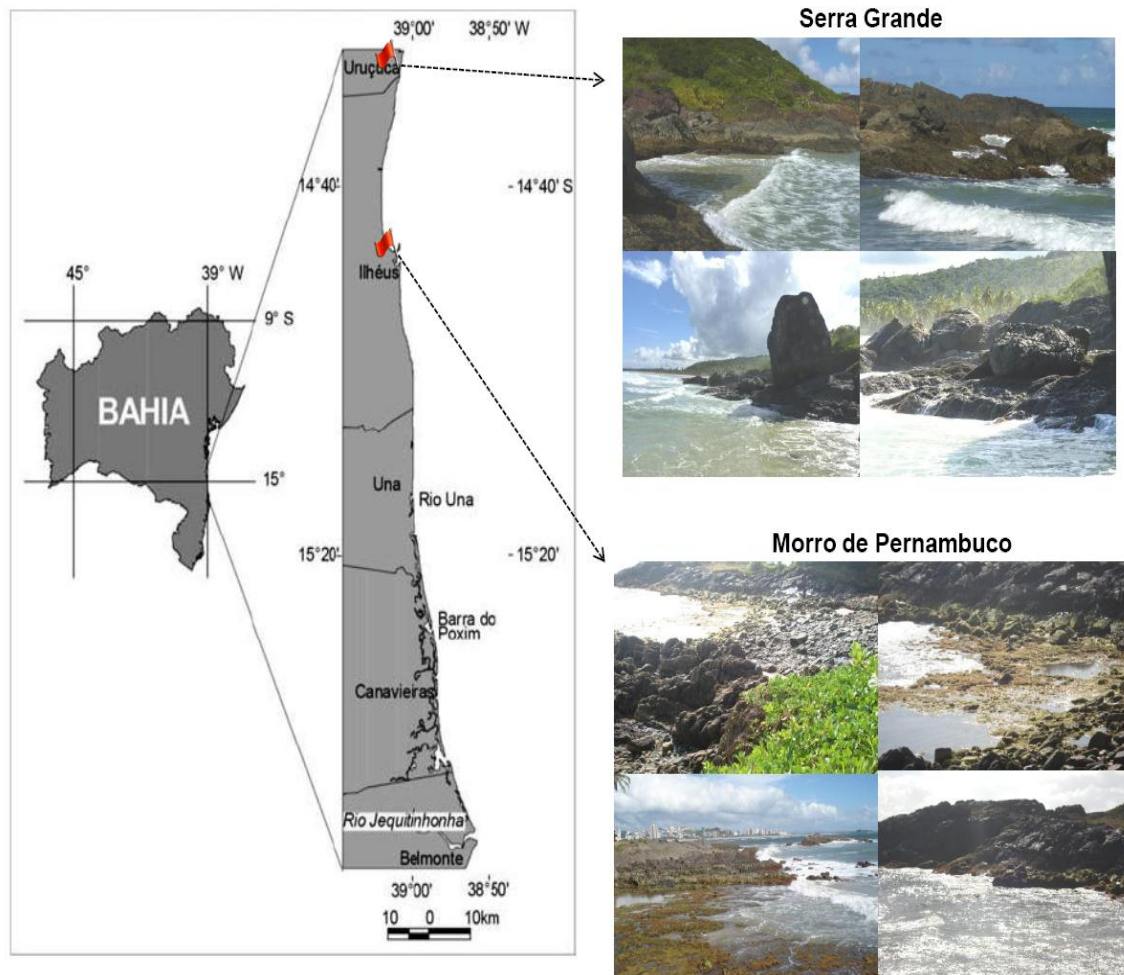


Figura 05- Mapa e fotografias das estações de coleta Serra Grande e Morro de Pernambuco, representando os Municípios de Uruçuca e Ilhéus no sul baiano (adaptado de Nascimento *et al.*, 2007).

O litoral baiano apresenta cerca de 1.103 Km de extensão de costa, clima úmido com uma média anual de temperatura de $24,4^{\circ}\text{C}$, tais condições

favorecem a grande diversidade de macroalgas especialmente para espécies da divisão Rhodophyta (NUNES *et al.*, 2001).

As coletas foram realizadas no Morro de Pernambuco nos meses de junho, agosto, setembro e novembro de 2010. No costão de Serra Grande, foram realizadas, no mesmo ano, três coletas nos meses de agosto, setembro e novembro. A coleta prevista para o mês de junho de 2010, em Serra Grande, foi suspensa devido a condições meteorológicas. O período de marés de sizígia foi marcado pela ocorrência de fortes temporais e embate de ondas em uma área de costão rochoso que oferece acesso arriscado e inviabilizando as coletas (Tabela 01).

Tabela 01- Cronograma das coletas destinadas a extração do ágar nas estações de coleta do Morro de Pernambuco (MP) e Serra Grande (SG) em 2010.

Coletas	Estação MP	Estação SG
Coleta 1	13 de JUN/ 2010	NR*
Coleta 2	09 de AGO/ 2010	11 de AGO/ 2010
Coleta 3	08 de SET/ 2010	09 de SET/ 2010
Coleta 4	03 de NOV/ 2010	04 de NOV/ 2010

NR*= Não Realizada coleta: Esta coleta não pode ser feita, devido as condições de risco oferecidas pelo período mês com forte embate de ondas.

Segundo classificação adotada por Horta *et al.* (2001) e proposta por Oliveira Filho (1977), a costa brasileira pode ser dividida em cinco complexos, que foram denominados: Litoral amazônico ou equatorial, Litoral nordestino ou das Barreiras, Litoral oriental, Litoral sudeste ou de escarpas cristalinas e Litoral meridional ou subtropical.

A região escolhida para o presente estudo situa-se de acordo com essa classificação, no complexo litoral oriental, o qual abrange a Baía de todos os Santos até o litoral sul do Estado do Espírito Santo. De acordo com Moura (2000), a faixa que abrange o Município de Itacaré até Ilhéus, caracteriza-se pelos depósitos do quaternário, que são pouco desenvolvidos. Essa área apresenta apenas embasamentos do pré-cambriano, em contato ou próximo ao mar. Devido a tal formação, a região de coleta escolhida apresenta esparsos afloramentos rochosos formados por rochas cristalinas, o que caracteriza um costão rochoso.

As datas de coleta foram estabelecidas de acordo com os períodos de marés de sizígia previstas pela tábua de marés fornecida pelo *site* da Diretoria

de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil, o qual foi acessado a cada vez que se organizavam as coletas (DHN, 2010).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALISTE, A. J. Uso de substâncias antioxidantes na resposta a radiação dos hidrocoloides carragenanas, agaranas e alginatos utilizados na indústria alimentícia. 2006. Tese de Doutorado (Tecnologia Nuclear- Aplicação). Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares da Universidade de São Paulo. Universidade de São Paulo. 104pp.
- ARMISÉN, R. 1991. Agar and agarose biotechnological applications. *Hydrobiologia*, 221: 157 – 166.
- ARMISÉN, R. 1995. World-wide use and importance of *Gracilaria*. *J. Appl. Phycol.* 7: 231-243.
- BORAL, S.; BOHIDAR, H.B. 2009. Hierarchical structures in agar hydrogels. *Polymer*, 50: 5585-5588.
- DHN. Diretoria de hidrografia e navegação. Tábua de maré ano de 2010. Disponível em: <<http://www.mar.mil.br/dhn/chm/tabuas/index.htm>> acessos em: 13 de junho, 09 de agosto, 11 de agosto, 08 de setembro, 09 de setembro, 03 de novembro e 04 de novembro de 2010.
- BUSCHMANN, A. H.; CORREA, J. A.; WESTERMEIER, R.; HERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, M. C.; NORAMBUENA, R. 2001. Red algal farming in Chile: a review. *Aquaculture*, 194: 203-220.
- CRITCHLEY, A. T., OHNO, M. (eds). Seaweed Resources of the World. Japan International Cooperation Agency, Yokosuka. 1998. 431pp.
- FREILE-PELEGRÍN, Y. & MURANO, E. 2005. Agars from three species of *Gracilaria* (Rhodophyta) from Yucatán Peninsula. *Bioresource Technology* 96: 295-302.
- GANESAN, M; CHENNUR, R. K. R.; KARUPPANAN, E.; JHA, B. 2008. Seasonal variation in the biomass, quantity and quality of agar from *Gelidiella acerosa* (Forsskal) Feldmann et. Hamel (Gelidiales, Rhodophyta) from the Gulf of Mannar Marine Biosphere Reserve, India. *Phycological Research*, 56: 93 – 104.
- GANZON-FORTES, E. T. 1999. Photosynthetic and respiratory responses of the agarophyte *Gelidiella acerosa* collected from tidepool, intertidal and subtidal habitats. *Hydrobiologia*. 398/399: 321-328.
- GONZÁLEZ-LEIJA, J.A.; HERNÁNDEZ-GARIBAY, E.; PACHECO-RUIZ, I.; GUARDADO-PUENTES, J.; ESPINOZA-AVALOS, J.; LÓPEZ-VIVAS, J. M.; BAUTISTA-ALCANTAR, J. 2009. Optimization of the yield and quality of agar from *Gracilariopsis lemaneiformis* (Gracilariales) from the Gulf of California using an alkaline treatment. *Journal of Applied Phycology*, 21: 331-326.

HORTA, P. A.; AMÂNCIO, E.; COIMBRA, C. S.; OLIVEIRA, E.C. 2001. Considerações sobre a distribuição e origem da flora de macroalgas marinhas brasileiras. *Hoehnea*, 28: 243-265.

KAPRAUN, D. F. E. T.; GAZON-FORTES, K. T.; BIRD, G. Trono; C. Breden. 1994. Karyology and agar analysis of the agarophyte *Gelidiella acerosa* (Forsskal) Feldmann et. Hamel from the Philippines. *J. Appl. Phycol.* 6: 545-550.

LAHAYE, M.; ROCHAS, C. 1991. Chemical structure and physico-chemical properties of agar. *Hydrobiologia*, 221: 137-148.

LIN, S. M.; FRESHWATER, D.W. 2008. The red algal genus *Gelidiella acerosa* (Gelidiales, Rhodophyta) from Taiwan, including *Gelidiella fanii* sp. nov. *Phycologia*. 47 (2):168 – 176.

MATHIESON, A.; PENNIMAN, C. E.; TVETER-GALLAGHER, E. 1984. Phycocolloid ecology of underutilized economic red algae. *Hydrobiologia*, 116/117, 542-546.

McHUGH, D. J. 1991. Worldwide distribution of commercial resources of seaweeds including *Gelidium*. *Hydrobiologia*, 221: 19-29.

MCHUGH, D. J. 2003. A guide to seaweed industry. FAO Fisheries Technical Paper nº 441. Rome. 105p.

MOURA, C.W. N. Coralináceas com genículo (Rhodophyta, Coralinales) do litoral do Brasil. Dissertação (Mestrado em Botânica). Universidade de São Paulo. São Paulo. 2000. 264pp.

MOURADI-GIVERNAUD, A.; HASSANI, L. A.; GIVERNAUD, T.; LEMOINE, Y.; BENHARBET, O. 1999. Biology and agar composition of *Gelidium sesquipedale* harvested along the Atlantic coast of Morocco. *Hydrobiologia*, 398/399: 391-395.

MURANO, E.; TOFFANIN, R.; PEDERSINI, C.; CARABOT-CUERVO, A.; BLUNDEN, G.; RIZZO, R. 1996. Structure and properties of agar from two unexploited agarophytes from Venezuela. *Hydrobiologia*, 326/327: 497-500.

NASCIMENTO, L.; BITTENCOURT, A. C. S. P.; SANTOS, A. N.; DOMINGUEZ, J. M. L. 2007. Deriva Litorânea ao Longo da Costa do Cacau, Bahia: Repercussões na Geomorfologia Costeira. *Revista Pesquisas em Geociências*, 34 (2): 45-56.

NUNES, J. M. C.; SANTOS, A. C. C; LYRA, G.M.;MINERVINO-NETTO,A.;PEDREIRA, E.S. Fragmentos Taxonômicos, Corológicos, Nomenclaturales y Fitocenológicos. *Acta Botânica Malacitana*. 2001. 26: 181-187pp.

OLIVEIRA-FILHO, E. C. 1977. Algas Marinhas Bentônicas do Brasil. Tese de Livre Docência, Universidade de São Paulo, 407p.

- OLIVEIRA-FILHO, E. C. 1981. A exploração de algas marinhas no Brasil: situação atual e perspectivas futuras. *Phycologia*. lat.- amer.1:5-18.
- OLIVEIRA, E. C.; OLIVEIRA, M. C.; SATIO, R. M.; GARÓFALO, G. M. C. 1992. Carragenanas algas polivalentes. *Ciência Hoje* 14: 81 73 -77.
- OLIVEIRA, E. C. 1998. The seaweed resources of Brazil. *In*: Critchley, A.T. & Ohno, M. (eds.). Seaweed resources of the world. Japan International Cooperation Agency. Yokosuka, Japan. 366-371pp.
- PRASAD, K.; SIDDHANTA, A. K.; GANESAN, M.; RAMAVAT, B. K.; JHA, B.; GHOSH, P. K. 2007. Agars of *Gelidiella acerosa* of west and southeast coasts of India. *Bioresource Technology*, 98 : 1907 – 1915.
- PEREIRA-PACHECO, F.; ROBLEDO, D.; RODRÍGUEZ-CARVAJAL, L.; FREILE-PELEGRÍN, Y. 2007. Optimization of native agar extraction from *Hydropuntia cornea* from Yucatán, México. *Bioresource Technology* 98: 1278–1284.
- POTTER, J. *Cooking for Geeks Real Science, Great Hacks, and Goog Food*. Ed. O'Reilly Media. 2010, 311-312.
- REBELLO, J.; OHNO, M.; UKEDA, H.; SAWAMURA, M. 1997. Agar quality of commercial agarophytes from different geographical origins: 1. Physical and rheological properties. *Journal of Applied Phycology*
- ROLEDA, M. Y.; MONTAÑO, N. E.; GANZON-FORTES, E. T.; VILLANUEVA, R. D. 1997. Acetic Acid Pretreatment in Agar Extraction of Philippine *Gelidiella acerosa* (Forsskaal) Feldmann *et* Hamel (Rhodophyta, Gelidiales).
- SAITO, R. M. M. Extração e propriedades físicas e químicas do colóide de uma alga brasileira (*Gracilariopsis tenuifrons* - Rhodophyta). Dissertação (Mestrado em farmácia). São Paulo, Universidade de São Paulo. Faculdade de Ciências Farmacêuticas. 1997. 80p.
- STREIT, D. P.; LUPCHINSKI, E.; MOREIRA, H. L. M; RIBEIRO, R. P.; MORAES, G. V. E VARGAS, L. D. .2004. Perspectivas atuais da aqüicultura marinha no Brasil. *Quadrimestral - Maringá*– PR.4: 1-2. Universidade Estadual de Maringá.
- VIDOTTI, E. C.; ROLLEMBERG, M. C. E. 2004. Algas: da economia nos ambientes aquáticos a biorremediação e a química analítica. *Química Nova*. 27(1): 139-145.
- YOSHIMURA, C.Y. Avaliação do potencial de cultivo e produção de ágar de *Gracilaria domingensis* e de *Gracilaria caudata* (Rhodophyta, Gracilariales) na enseada da Armação Itapocoroy (Penha, Santa Catarina). 2006. Tese (Doutorado em Botânica). Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Universidade de São Paulo 163pp.

CAPÍTULO 1

PANAROMA DA ALGICULTURA

1.1. PANAROMA DA ALGICULTURA MUNDIAL

As macroalgas são cultivadas há séculos, com registros de atividade de cultivo por volta de 1650. Inicialmente, o cultivo era direcionado apenas para a produção de alimentos em países como: Japão, Coréia e China, os quais possuem um histórico no consumo alimentício de macroalgas (OOHUSA, 1993; OHNO & LARGO, 1998).

A biomassa das macroalgas para as mais diversas utilizações podem ter duas origens: ser proveniente de bancos naturais, com as coletas realizadas diariamente nas praias, no caso de macroalgas arribadas; ou ser proveniente de cultivos. A sustentabilidade da indústria das macroalgas reside em grande parte nos cultivos, uma vez que a capacidade suporte dos bancos naturais não é suficiente para atender a crescente demanda que tem sido observada nas últimas décadas, principalmente no que diz respeito a produção de ficocoloides (CRITCHLEY, 1997).

Com a descoberta da utilidade dos ficocoloides extraídos das macroalgas, as agaranas, as carragenanas e os alginatos. A crescente demanda pelos recursos macroalgais, provenientes dos bancos naturais, provocou uma drástica redução dos estoques naturais dessas macroalgas. Esta depleção dos bancos naturais contribuiu para a implantação de cultivos sustentáveis pelo mundo, visando produzir macroalgas com maior valor comercial, maior aceitação no mercado e melhor produtividade (OLIVEIRA, 1998).

Segundo Furtado (1999), uma análise das flutuações de oferta e procura no mercado internacional de ficocoloides apontam para uma acirrada concorrência com outros tipos de gomas, como aquelas de origem vegetal, goma guar, LCB- *locust bean gum* e pectinas; de origem microbiana como, a goma xantana e goma gelana; de origem animal, gelatina provenientes de pele e ossos de bovinos e ovinos, e aquelas produzidas artificialmente como, a carboximetilcelulose – CMC). Desta forma, é possível afirmar que o mercado de ficocoloides é altamente dependente da produção e do preço de outras gomas e por isso, a indústria está sempre buscando processos que diminuam os custos de produção e/ou aumentem os rendimentos gerados pelas espécies de macroalgas com importância econômica (YOSHIMURA, 2006).

Existem ainda outros usos para as macroalgas que não justificam os gastos com cultivo, uma vez que não são restritos apenas algumas espécies. A aplicação de algas como fertilizantes e complemento alimentar em rações pode ser viabilizado com baixo custo de investimento (YOSHIMURA, 2006).

O interesse comercial pelo ágar na Índia teve início em 1940 em pequenas fábricas utilizando-se como principal matéria prima *Gracilaria edulis*. Neste país, os recursos macroalgais são utilizados principalmente para produção de ágar e alginato. A exploração da carragenana é pouco desenvolvida pela falta de matéria-prima suficiente. Atualmente, o cultivo de macroalgas na Índia ainda é experimental toda a sua produção é baseada na coleta direta dos bancos naturais de espécies como *Gelidiella acerosa* e *Gracilaria edulis* para extração do ágar, para extração de alginato destacam-se os gêneros *Sargassum* e *Turbinaria* (McHUGH, 2003).

No ano de 2000 foi registrada a biomassa total de macroalgas coletadas na Índia de aproximadamente 600.000 toneladas de peso seco provenientes dos bancos naturais, com produção entre 110 -132 toneladas anuais de ágar utilizando entre 880 a 1100 toneladas de agarófitas. A macroalga *Gelidiella acerosa* encontra-se entre os principais recursos para a extração do ficocoloides na Índia, produzindo 270 toneladas de peso seco por ano. A espécie *Gracilaria edulis* produz 320 toneladas de macroalga seca por ano. (KHAN & SATAM, 2003; PRASSAD *et al.*, 2006; RAO & MANTRI, 2006).

Atualmente, existe uma lista de 42 países que possuem atividades comerciais utilizando macroalgas como alimento ou para produção de ficocoloides. Neste aspecto, destacam-se sete países asiáticos, que são os maiores mercado consumidor e produtor de macroalgas, produzindo cerca de 5 milhões de toneladas peso seco. No ano de 2003, dados demonstraram que destes países e a China era o que liderava as listas dos maiores produtores. Destacam-se o “*kombu*”, *Laminaria japônica* produzindo cerca de 5.000.000 toneladas úmidas anuais, seguido da Coreia do Sul produzindo 800.000 toneladas úmidas, sendo 50% desse total representado por “*wakame*”, *Undaria pinnatifida* e por último, pelo Japão que produz 650.000 toneladas úmidas, sendo 75% representado pelo “*nori*”, proveniente de algumas espécies do gênero *Porphyra* (McHUGH, 2003).

Os valores pagos por tonelada seca destas macroalgas variam em torno de 2.800 dólares para “*kombu*”, 6.900 dólares para “*wakame*” e 16.000 dólares para o “*nori*”. Destacando-se o alto valor econômico atribuído a este último utilizado apenas no consumo alimentício (KHAN & SATAM, 2003; McHUGH, 2003) (Tabela 02).

Tabela 02- Relação das principais espécies de macroalgas e suas utilizações na indústria mundial.

Gênero/ Espécie	Nome popular	Divisão	País	Utilização
<i>Euचेuma</i> spp.	ágar-ágar	Rhodophyta	China e Malásia	Alimento/ Ficocoloide
<i>Gracilaria</i> spp.	-	Rhodophyta	Índia	Alimento/ Ficocoloide
<i>Kappaphycus</i> spp.	“cotonii”	Rhodophyta	Filipinas e Indonésia	Ficocoloide
<i>Laminaria japônica</i>	<i>kombu</i>	Phaeophyta	China	Alimento/ Ficocoloide
<i>Porphyra</i> spp.	<i>nori</i>	Rhodophyta	China e Japão	Alimento
<i>Undaria pinnatifida</i>	<i>wakame</i>	Phaeophyta	Japão, China e Coréia	Alimento

A movimentação financeira total da produção de macroalgas no mundo no ano de 2003 estava estimada em 7,5 a 8 milhões de toneladas de biomassa seca anual mundialmente. Essa produção gerou aproximadamente 5,6 bilhões de dólares por ano, sendo grande parte dessa produção, gerada pelo cultivo de *Laminaria*, *Undaria* e *Porphyra*, gêneros utilizados na alimentação humana (McHUGH, 2003).

Dados da FAO (2004) relatam que 23% da produção aquícola mundial corresponde ao cultivo de macroalgas, gerando recursos superiores a 10,5 milhões de dólares por ano. A demanda mundial de macroalgas marinhas para produção de ficocoloides apresentou uma previsão de aumento de 10% ao ano e na década passada e foram utilizadas quase oito milhões de toneladas de macroalgas úmidas provenientes de cultivos ou de estoques naturais.

No ano de 2007 a Indonésia substituiu as Filipinas como segundo maior produtor de macroalgas e seguiu nesta mesma posição em 2008. Em termos de valores, o Japão manteve seu posto de segundo maior produtor de macroalgas mundial, devido a produção de *Porphyra* spp. destinada a produção do “*nori*”, que possui alto valor comercial (FAO, 2010).

A aquicultura produziu 15,3 milhões de toneladas úmidas de plantas aquáticas com um valor estimado de 7.400 milhões de dólares no ano de 2008.

A produção de plantas aquáticas tem apresentado um crescimento constante desde 1970, com um índice de crescimento médio anual de 7,7%. E essa produção está dominada pelas macroalgas que representam 99,6% em biomassa total e movimentam 99,3% do valor total, gerado pela produção em dólares (FAO, 2010).

Em 2008, a China continua a liderar a lista de maior produtor de algas procedentes da aquicultura. Representando 62,8% do que é produzido em todo mundo. Destacaram-se nesse ano outros grandes produtores de macroalgas que foram: a Indonésia com 13,7%, as Filipinas com 10,6%, República da Coreia com 5,9%, Japão com 2,9% e a República Popular Democrática da Coreia com 2,8% (FAO, 2010)

O Chile é considerado o mais importante produtor de macroalgas fora de Ásia, em 2008, produziu 21.700 toneladas peso seco. O continente africano produziu 14.700 toneladas de macroalgas para o mesmo ano, destacando-se a República Unida da Tanzânia, principalmente Zanzibar, seguido da África do Sul e Madagascar, onde a maioria das macroalgas utilizadas estão destinadas a produção de ração para piscicultura (FAO, 2010). Por possuir condições ambientais, tanto climáticas como oceanográficas principalmente nos aspectos relacionados a dinâmica das correntes marinhas, que favorecem o desenvolvimento do cultivo de macroalgas. A exploração massiva do recurso macroalgal chileno teve início na década de 40 com a exploração do gênero *Gelidium*, com a subsequente exploração de gêneros como: *Gracilaria*, *Iridea*, *Gymnogongrus* e *Chondrus* (FAO, 2010).

As espécies que são exploradas em larga escala no Chile pertencem ao filo Heterokontophyta e a divisão Rhodophyta. Destaca-se entre as rodofíceas, *Gracilaria chilensis*, que constitui um dos principais recursos econômicos deste país. Os altos preços do ágar fornecido por essa espécie no mercado nacional e internacional fazem desse país o maior exportador de ágar da América do Sul (BIXLER & PORSE, 2010).

1.2. PANAROMA DA ALGICULTURA BRASILEIRA

O aproveitamento de algas marinhas no Brasil para extração de ágar teve seu início detalhadamente descrito por Toledo (1953). No ano de 1941 foi emitida a primeira licença para exploração industrial de algas numa colônia

japonesa em Ilhabela Estado de São Paulo. O processo industrial iniciou-se efetivamente por volta de 1943 com o surgimento de duas fábricas, a Ágar-ágar do Brasil Ltda e a Barbieri & Buerges ambas em São Paulo, a primeira exportação foi registrada em 1945 para Portugal.

O mercado de macroalgas marinhas destinado a produção de ficocoloides, movimentou cerca de 100 toneladas por ano de ágar, 350 toneladas de alginato e 260 de carragenana, totalizando cerca de 11.700.000,00 milhões de dólares em 1992. A maior parte da produção brasileira era de ágar proveniente de *Hydropuntia cornea* coletadas de bancos naturais do Nordeste, com cerca de 70 toneladas por ano. Além do ágar, apenas cerca de 10 toneladas de carragenanas eram produzidas naquela época. Desta forma, a importação de ficocoloides atingia cerca de 630 toneladas anuais (McHUGH, 1996, OLIVEIRA, 1998).

Devido à falta da prática em cultivos comerciais de macroalgas. O Brasil supre a crescente demanda do mercado nacional de ficocoloides através da importação e pela colheita em bancos naturais ou de macroalgas arribadas. Associado a esses fatos, é relevante salientar o risco de depleção dos bancos naturais. Já existem indícios claros de sobre-exploração, causado pelo manejo inadequado em alguns bancos de *Gracilaria* do litoral nordestino (OLIVEIRA & MIRANDA, 1998; FURTADO, 1999; MIRANDA, 2000; MARINHO-SORIANO *et al.*, 2002).

Nos últimos 50 anos o principal embasamento técnico que proporcionou a mudança da coleta em bancos naturais para o maior investimento em cultivo deve-se a sobre-exploração de alguns bancos naturais do Brasil. Este fato ocorreu com o aumento na demanda de matéria-prima e também foram implementados pelos avanços da pesquisa científica, que vieram elucidar os ciclos de vida e as características fisiológicas e ecológicas de crescimento das macroalgas marinhas de interesse econômico. A utilização dos recursos macroalgais de forma racional implica em políticas e estudos aprofundados sobre o manejo e o cultivo sustentável para evitar o esgotamento destes recursos (WIKFORS & OHNO, 2001).

Pazzeto (2001) desenvolveu experimentos de cultivo com *Gracilaria domingensis* em balsas e no laboratório durante um ano. Neste estudo comparou as taxas de crescimento desta macroalga em diferentes condições.

O autor concluiu que tal espécie apresentava um grande potencial para cultivo tanto em laboratório quanto em balsas.

Segundo Rocha (2001), o cultivo de plantas marinhas, vem se fortalecendo e ganhando um novo impulso com a introdução do sistema de policultivo, envolvendo ostras e abalones. As macroalgas estão inseridas neste contexto, pois contribuem com um micro habitat, que favorece o crescimento desses mariscos, que por sua vez produzem metabólitos, tais como: nitrogênio dissolvido, fósforo e dióxido de carbono. Tais compostos são assimilados pelas macroalgas, eliminando desse modo a necessidade de fertilizações artificiais. De acordo com o mesmo autor, esse sistema de policultivo torna-se mutuamente benéfico aos organismos cultivados, com resultados altamente promissores, em termos de produtividade e desempenho econômico financeiro.

Oliveira (2002), realizou um levantamento a respeito da exploração de espécies de algas brasileiras. O autor concluiu que para fins comerciais, a coleta de macroalgas vermelhas dos gêneros *Gracilaria* e *Hypnea* na costa nordestina tornou-se um dos principais recursos explorados, tendo como destino o mercado internacional.

Accioly (2004) testou espécies e formas de cultivos na cidade de Barra dos Carvalhos, litoral baiano, utilizando rodofíceas de importância econômica com potencial para cultivo. Este estudo demonstrou a viabilidade de cultivo para as espécies *Hydropuntia cornea* e *Gracilaria domingensis*, onde a primeira foi selecionada como melhor alternativa para a região estudada. O resultado deste trabalho foi disponibilizado para a população na forma de um guia prático ilustrado de fácil entendimento ilustrando as técnicas mais viáveis e produtivas para macroalgas naquelas condições locais.

Considerando-se o atual cenário de conhecimento que é encontrado no Brasil a cerca do potencial dos recursos da nossa flora marinha, fica evidente a necessidade da ampliação no conhecimento sobre a biologia e fisiologia das espécies de macroalgas envolvidas (ACCIOLY 2004; MARINHO-SORIANO 2005). Os recursos marinhos disponíveis na nossa costa são renováveis, mas finitos, o que inclui as macroalgas marinhas.

O cultivo de macroalgas marinhas encontrava-se em lento processo de expansão no Brasil, sendo dados de produção restritos a relatórios de cultivos experimentais com espécies do gênero *Gracilaria* apoiados pela Organização

das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO). Essa Organização, desempenhava o papel de orientar as comunidades litorâneas para o uso racional desse recurso marinho, substituindo a atividade extrativista pela sustentável, a algicultura, nos Estados do Ceará, Rio Grande do Norte e Paraíba (SEAP, 2005).

Um levantamento de áreas propícias para o cultivo de macroalgas nos três estados do nordeste citados, aponta para 6.300 ha de áreas com condições favoráveis para essa atividade. Existem ainda pesquisas e cultivos experimentais sendo realizados nos estados de São Paulo e do Rio de Janeiro, com a rodofícea exótica *Kappaphycus alvarezii*, introduzida no Brasil em 1995 no Instituto de Pesca da Secretária de Agricultura e Abastecimento (Ubatuba, São Paulo), com o objetivo de desenvolver estudos básicos (marinomia) como suporte para implantação de cultivos comerciais, por se tratar de uma espécie exótica a liberação do seu cultivo experimental ficava condicionada a uma criteriosa análise sobre os impactos ambientais que possam resultar da introdução dessa espécie no país (SEAP, 2005; HAYASHI, 2007).

Os cultivos experimentais de *Kappaphycus alvarezii* só foram aprovados pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA/ MMA) no ano de 2001 e o primeiro cultivo comercial desta espécie estabeleceu-se no ano de 2004 na Baía de Sepetiba no Estado do Rio de Janeiro (HAYASHI, 2007; CASTELAR *et al.*, 2009). Em 23 de junho de 2008, a Instrução Normativa nº 185, do IBAMA/ MMA foi publicada autorizando a algicultura de *K. alvarezii* entre a Bahia de Sepetiba, Estado do Rio de Janeiro, e Ilhabela, São Paulo e como consequência novos cultivos vem sendo desenvolvidos nessas regiões (MARROIG, 2010).

Salles *et al.* (2010) testaram diversas técnicas de cultivo também para *Gracilaria domingensis* no litoral de Santa Catarina e pode concluir que o método mais viável foi o denominado de *tie-tie* com um número fixo de mudas por corda e amplamente utilizado comercialmente. Esse método consiste na amarração de partes do talo da alga em cabos de cultivo e esses são mantidos fixos ao fundo ou em sistemas flutuantes, como balsas ou *long-lines*.

O cultivo de macroalgas em grande escala requer primeiramente o conhecimento da espécie que melhor se adapta as condições da região,

quantificando recobrimento desta em bancos naturais ou investindo na introdução de espécies exóticas.

A escolha de uma determinada espécie de macroalga como potencial fonte para extração de ficocoloides deve estar alicerçada não apenas nas características intrínsecas da qualidade deste produto. As espécies foco de um estudo deste tipo devem ter passado por avaliações, a cerca da qualidade e quantidade do ficocoloide a ser extraído, além de uma avaliação sazonal da biomassa disponível dos bancos, somada a experimentos ecofisiológicos, analisando as melhores condições de crescimento e desenvolvimento dos talos e fenologia. Em uma segunda etapa, estaria o investimento em conhecer as características da área proposta para cultivo. A definição da área é fundamental para o sucesso do empreendimento e deve levar em conta não apenas atributos físicos de adequação, mas também um conjunto de estudos multidisciplinares para avaliar o âmbito cultural, social e econômico, além das demandas e vocações inerentes a população envolvida no manejo do recurso.

De acordo com Farias *et al.* (2010), existem três premissas ambientais que definem o sucesso do cultivo de macroalgas marinhas.

A granulometria, que é considerada ideal para cultivo, quando apresenta substrato com sedimentos compostos por areia fina, pois neste tipo de substrato, as macroalgas conseguem fixar-se e ter um bom desempenho no crescimento. Diferente de substratos com fundos lodoso, que são bons para fixar o cultivo, porém ocorre a frequente deposição de partículas finas sobre as macroalgas o que implicará numa redução do crescimento das mesmas (FARIAS *et al.*, 2010).

A batimetria constitui o segundo fator limitante, os autores definem que quanto maior a profundidade maior será dificuldade de se trabalhar especialmente no que se refere a instalação e manutenção das estruturas de cultivo e sugere que a profundidade onde o empreendimento será instalado esteja entre 1,5 e 3 metros (FARIAS *et al.*, 2010).

Em todo sistema de cultivo é necessário que haja correnteza na região escolhida, pois as correntes estão diretamente relacionadas ao aporte de nutrientes, além de movimentar as macroalgas fazendo com que elas recebam a luz do sol. Portanto, um local sem correnteza é totalmente inviável. No entanto, uma correnteza muito forte impedirá que as plantas cresçam muito,

fazendo com que elas se quebrem ao atingir um determinado tamanho. Recomenda-se que a área escolhida para implantação do cultivo, apresente correnteza entre 0,5 e 0,25 m/s (FARIAS *et al.*, 2010).

O cultivo e a exploração feita de forma ordenada e bem planejada é de fundamental importância para manutenção e a utilização a longo prazo desse recurso de forma satisfatória.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACCIOLY, M. C. Desenvolvimento da maricultura artesanal de macroalgas no baixo-sul baiano. Tese (Doutorado em Botânica). Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Universidade de São Paulo. 2004, 164 p.

BIXLER, H. J.; PORSE, H. 2010. A decade of change in the seaweed hydrocolloids industry. *J. Appl. Phycol.*, DOI 10.1007/s10811-010-9529-3, 1-15.

CASTELAR, B.; REIS, R. P.; BASTOS, M. 2009. Contribuição ao protocolo de monitoramento ambiental da maricultura de *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty ex P.C. Silva (Areschougiaceae - Rhodophyta) na baía de Sepetiba, RJ, Brasil. *Act. bot. bras.* 23(3): 613-617.

CRITCHLEY, A. T. 1997. Introduction: Seaweed Resources. *In*: OHNO, M. & CRITCHLEY, A. T. (eds). Seaweed cultivation and marine ranching. 2nd ed. Japan International Cooperation Agency. Yokosuka. 1-6pp.

FAO. 2004. Site election for *Eucheuma spp.* Farming. *UNDP/ FAO Regional Seafarming Development and Demonstration Project zRAS/90/002*. <http://www.fao.org>. (acesso em 4/2011).

FAO. 2010. El estado mundial de la Pesca y la Acuicultura 2010. Organización de las Naciones para la Agricultura y la Alimentación. Roma, 242p.

FARIAS, E. G. G.; LORENZZETTI, J. A.; MAIA, L. P.; GASTÃO, F. G. C.; BEZERRA, L. J. C. 2010. Uso de técnicas de geoprocessamento na identificação favoráveis ao cultivo de macroalgas marinhas. *Rev. Bras. Pesca.* 5(3): 16-27.

FURTADO, M. R. 1999. Alta lucratividade atrai investimentos em hidrocoloides. *Química e derivados* (novembro): 20-29.

HAYASHI, L. Contribuição à maricultra da alga vermelha *Kappaphycus alvarezii* (rhodophyta, Solieriaceae) para produção de carragenana. Tese (Doutorado em Botânica). Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Universidade de São Paulo. 2007, 100p.

KAM, S. I. & SATAM, S. B. 2003. Seaweed Mariculture: Scope and Potential in India. *Aquaculture Asia.* 8(4): 26-29.

MARINHO – SORIANO, E, MOREIRA, W. S. C. & CARNEIRO, M. A. A. 2002. Estudo sobre o cultivo de *Gracilaria* (Rhodophyta, Gracilariaceae) em estuário. *In*: IX Reunião Brasileira de Ficologia, Santa Cruz, Aracruz, Espírito Santo. 02 a 06 de março de 2002. Sociedade Brasileira de Ficologia & Fundação Ecosistemas do Espírito Santo: 103p.

MARINHO-SORIANO, E. 2005. Cultivo experimental de *Gracilaria* no Rio Grande do Norte, Brasil. *In*: X Reunião Brasileira de Ficologia, Salvador, Bahia.

2004. Museu Nacional: RJ. Org. Sociedade Brasileira de Ficologia (Série Livros, 10): 115 – 124.

MARROIG, R. G. Organismos incrustantes nos cultivos de *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty ex P.C. Silva no sul do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. 2010. Dissertação (Mestrado em Botânica). Instituto de Pesquisa Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 67pp.

MCHUGH, D. J. Seaweed production and markets. *FAO/ GLOBEFISH Research Programme*, Roma, FAO, 48. 73p, 1996.

MCHUGH, D. J. 2003. A guide to seaweed industry. FAO Fisheries Technical Paper nº 441. Rome. 105p.

MIRANDA, G. E. C. 2000. Avaliação do impacto da exploração (simulada) da alga agarófita *Gracilaria caudata* J. Agardh (Rhodophyta) no litoral do Estado da Paraíba. Dissertação de mestrado. Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo. São Paulo. 107pp.

OHNO, M. & LARGO, D. 1998. The seaweed resources of Japan. *In*: CRITCHLEY, A. T. & OHNO, M. (eds). *Seaweed resources of the world*. Japan International Cooperation Agency. Yokosuka, Japan. 1-14pp.

OLIVEIRA, E. C. The seaweed resources of Brazil. *In*: CRITCHLEY, A. T.; OHNO, M., *Seaweed resources of the world*. JICA. 366-371, 1998.

OLIVEIRA, E. C. & MIRANDA, G. E. C. 1998. Aspectos sociais e econômicos da exploração de algas marinhas no Brasil. *In*: Paula, E. J.; CORDEIRO-MARINO, M.; SANTOS, D. P.; PLASTINO, E. M.; FUJII, M.T & YOKOIA, N. S. (eds). *Anais do IV Congresso Latino-americano, II Reunião Ibero-americana e VII Reunião Brasileira de Ficologia*, Caxambu – MG. São Paulo: Sociedade Ficológica da América Latina e Caribe 2:149-156.

OLIVEIRA, E. C. Macroalgas Marinhas da Costa Brasileira - Estado do Conhecimento, Uso e Conservação Biológica. *In*: ARAÚJO, E. L. et al. *Biodiversidade, Conservação e Uso Sustentável da Flora do Brasil*. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2002, p. 122-126.

OOHUSA, T. 1993. The cultivation of *Porphyra* “Nori”. *In*: OHNO, M & CRITCHLEY, A. T. (eds). *Seaweed cultivation and marine ranching*. 2nd ed. Japan International Cooperation Agency. Yokosuka, Japan. 57 – 73pp.

PAZETO, F. D. 2001. Cultivo experimental de *Gracilaria domingensis* (Gracilariaceae, Rhodophyta) e avaliação do seu teor de ágar. Trabalho de conclusão de curso. *Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar*, Universidade do Vale do Itajaí, Santa Catarina. 34p.

PRASSAD, K; GOSWAMI, A. M.; MEENA, R.; RAMAVAT, B.K.; GHOSH, P. K.; SIDDHANTA, A.K. 2006. Superior quality agar from red alga *Gelidium acerosa*

(Rhodophyta, Gelidiales) from Gujarat coast of Índia: An evaluation. *Indian Journal of Marine Science* 35 (3): 268-274

RAO, P. V. S.; MANTRI, V. A. 2006. Indian seaweed resources and sustainable utilization: Scenario at the dawn of a new century. *Current Science*. 91(2): 164 - 174.

ROCHA, I. P. Aqüicultura: um excelente negócio. *Revista Brasileira de Agropecuária*. São Paulo. Ano 1, n. 11, p. 6–12, 2001.

SALLES, J. P.; SCHERNER, F.; YOSHIMURA, C. Y.; FANGANIELLO, M.; BOUZON, Z. L.; HORTA, P.A. 2010. Cultivation of Native Seaweed *Gracilaria domingensis* (Rhodophyta) in Southern Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 53(3): 633-640.

SEAP/PR. SECRETARIA ESPECIAL DE AQUICULTURA E PESCA DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA, 2005. Programa Nacional de Desenvolvimento da Maricultura em Águas da União. SEAP/PR. Brasília: 48 pp.

TOLEDO, T. A. N. Estudo experimental do ágar-ágar brasileiro. Tese de Livre Docência, Faculdade de Farmácia e Odontologia da Universidade de São Paulo. 136p, 1953.

YOSHIMURA, C.Y. Avaliação do potencial de cultivo e produção de ágar de *Gracilaria domingensis* e de *Gracilaria caudata* (Rhodophyta, Gracilariales) na enseada da Armação Itapocoroy (Penha, Santa Catarina). 2006. Tese (Doutorado em Botânica). Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Universidade de São Paulo 163pp.

WIKFORS, G. H. & OHNO, M. 2001. Impact of algal research in aquaculture. *Journal of Phycology* . 37: 968-974.

CAPÍTULO 2

**TEOR DO ÁGAR DAS AGARÓFITAS: *GELIDIELLA ACEROSA*
(FORSSKÅL) FELDMANN AND G.HAMEL E *GRACILARIA*
DOMINGENSIS (KÜTZING) SONDER EX DICKIE**

2.1. INTRODUÇÃO

O ágar é utilizado industrialmente devido suas propriedades gelificantes e emulsificantes, tendo vasta aplicação nas áreas biomédicas, cosméticas e alimentícias. Entre as macroalgas agarófitas, destacam-se alguns gêneros da ordem Gelidiales que apresentam um ágar de superior qualidade. Isto significa um ágar muito puro, apropriado para utilização bacteriológica considerando-se suas propriedades reológicas. Tais propriedades podem ser definidas como viscosidade aparente, plasticidade e elasticidade (PRASSAD *et al.*, 2007) .

Os métodos para extração de ágar descritos em literatura mencionam diversos procedimentos para analisar seus teores e suas propriedades físico-químicas. Os tratamentos químicos utilizados durante os procedimentos extrativos modificam as cadeias desses polissacarídeos conferindo ao ágar extraído uma melhor qualidade nas suas propriedades como força do gel e aumento no teor de 3,6 anidrogalactose, além de facilitar a extração do ficocoloide e remover algumas proteínas e pigmentos. As propriedades físicas, químicas e a textura do gel do ágar são fatores decisivos para determinar seu uso comercial, especialmente no setor alimentício (ARMISEN & GALATAS,1987; DURAIRATNAM *et al.*,1990; ROLEDA *et al.*, 1997a; VILLANUEVA *et al.*, 1999; HAYASHI, 2001; PRASSAD *et al.*, 2007; GONZÁLEZ-LEIJA *et al.*, 2009).

Segundo Villanueva *et al.* (1997), as condições de extração devem ser testadas levando-se em consideração a temperatura, concentração do álcali ou do ácido. O tempo de extração também é exclusivo para cada espécie. Segundo estes autores, tais testes poderiam levar a resultados diferentes daqueles citados em literatura.

O presente estudo foi realizado com duas agarófitas do litoral sul baiano. As espécies *Gracilaria domingensis* e *Gelidiella acerosa* foram escolhidas entre as demais agarófitas dos costões do Morro de Pernambuco e Serra Grande, pois apresentavam destaque em abundância visual na região entre-marés dos referidos costões rochosos, além de apresentar histórico de rendimento e qualidade do ágar reconhecido pela literatura mundial. Neste sentido, foram realizadas uma série de experimentos testes para padronização de cada uma

das etapas de extração, com adaptações para o protocolo de extração do ágar e *Gelidiella acerosa* e *Gracilaria domingensis*.

A maioria dos protocolos para a extração do ágar referem-se ao gênero *Gracilaria*, o qual encontra-se amplamente difundido em diversos estudos (DURAIRATNAM *et al.*, 1990; MATUSHIRO & URZÚA, 1990; YENIGUL, 1993; MARINHO-SORIANO *et al.*, 1999; MONTAÑO *et al.*, 1999; VILLANUEVA *et al.*, 1999; MARINHO-SORIANO & BOURRET, 2003; FREILE-PELEGRÍN & MURANO, 2005; MEENA *et al.*, 2008; LI *et al.*, 2008; KUMAR & FOTEDAR, 2009) . Entretanto, no que se refere a padronização da metodologia extrativa de *Gelidiella acerosa*, existem apenas alguns trabalhos realizados para região das Filipinas e da Índia. Merecem destaque para esta espécie, trabalhos proposto por Roleda *et al.* (1997a), que utilizaram um pré-tratamento com ácido fraco para extração do ágar de *Gelidiella acerosa* obtendo altos rendimentos e um ágar de alta qualidade. Essa foi uma inovação muito importante para os estudos ficcológicos, já que a maioria dos trabalhos que abordam a extração do ágar remetem suas metodologias apenas aos tratamentos alcalinos como forma de facilitar e garantir bons rendimentos extrativos. No que se refere a espécie *Gelidiella acerosa* outros protocolos foram desenvolvidos destacando-se também os propostos por Prasad *et al.* (2007) e Ganesan *et al.* (2008) otimizando o processo de extração do ágar de *Gelidiella acerosa*. Pode-se, observar, contudo, que o investimento em estudos voltados para adequação de técnicas de extração do ágar para tal espécie ainda é insipiente quando comparamos o forte investimento para o gênero *Gracilaria*.

2.2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizadas coletas em dois pontos denominados Morro de Pernambuco e Serra Grande situados nos Municípios de Ilhéus e Uruçuca, conforme descrito anteriormente na seção Área de estudo no capítulo Introdução Geral. Para cada uma das espécies foram coletados 1 Kg aproximadamente de peso úmido.

A metodologia desenvolvida foi estabelecida com base em extrações teste sempre com sentido de maximizar os rendimentos finais e melhorar as propriedades físico-químicas (teor de 3,6 anidrogactose e teor de sulfato) do ágar de *Gelidiella acerosa* e *Gracilaria domingensis*.

2.2.1. Extrações testes

Coletas preliminares foram realizadas na estação Morro de Pernambuco objetivando fornecer material para tais testes. Na primeira fase do experimento, foram realizadas extrações para *Gelidiella acerosa* e *Gracilaria domingensis* de acordo com os protocolos encontrados em literatura.

O critério alto rendimento, foi utilizado na escolha dos melhores protocolos e prévias extrações foram realizadas e tiveram com o objetivo reconhecer os maiores problemas na metodologia extrativa e adaptar todo sistema de extração as condições do laboratório. A avaliação do tempo gasto em todo processo de extração também foi feita para ambas espécies, assim como testes sobre o melhor tipo de filtro a ser utilizado.

Os protocolos testados para *Gelidiella acerosa* foram baseados em trabalhos publicados por Roleda *et al.* (1997a) e Roleda *et al.* (1997b). No que se refere a espécie *Gracilaria domingensis* foram testados os protocolos propostos por Durairatnam *et al.* (1990), Armisen & Galatas (1987) e Villanueva *et al.* (1999). Em ambas espécies foram necessárias algumas adaptações que serão descritas neste capítulo.

2.2.2. Teste dos Filtros

Os lotes de amostras de cada uma das espécies foram submetidos a diferentes tipos de filtro de forma a otimizar o rendimento e o grau de pureza do ágar (Tabela 03).

Amostras de 5 g e 10 g das duas espécies foram submetidas à extração aquosa em água destilada. A eficiência do processo de filtragem foi feita comparando-se o teor percentual de ágar em relação ao peso seco das amostras e os diferentes filtros testados.

Tabela 03- Relação dos para a padronização da metodologia de extração do ágar de *Gelidiella acerosa* e *Gracilaria domingensis*.

Tipo do filtro	Nome comercial	Grau de Pureza do ágar
Filtro de tecido sintético 1	Tecido organza	Impureza. Fragmento de macroalga e resíduos de celulose.
Filtro de tecido sintético 2	Tecido faite	Impureza. Fragmento de macroalga e resíduos de celulose.
Filtro de tecido de algodão	Gaze Hidrófila	Maior grau de pureza. Ágar translúcido.
Filtro de papel	Filtros Wathman nº 541	Alta Pureza. Difícil filtragem e perda total do material.

A - Limpeza

Os exemplares saudáveis foram coletados de forma sistemática para as duas espécies. Foi avaliada a diferença entre a biomassa úmida e seca para cada uma das agarófitas e através dessas análises optou-se por coletar 1kg de biomassa úmida para cada evitando insuficiência de material para realização das repetições. O material coletado foi cuidadosamente limpo em água corrente para livrá-las de outras macroalgas associadas, em seguida, lavados em água destilada e deixado por 30 minutos na sombra para retirada do excesso de água superficial conforme descrito por Hayashi (2001). A secagem foi realizada com auxílio de estufa (Fanem, modelo 315SE) a 60 °C por 48 horas.

B - Pré-tratamento

Todas as extrações para cada espécie foram processadas com cinco repetições para dois tipos de procedimento: o ágar *in natura* e para as amostras que receberam tratamento.

Esta etapa de extração foi adotada apenas para o protocolo de *Gelidiella acerosa* proposto por Roleda *et al.* (1997a) devido aos altos rendimentos e qualidade do gel extraído.

As amostras secas de *Gelidiella acerosa* foram pesadas 10g em balança digital analítica (Micronal AB, modelo 204), em seguida as amostras foram embebidas em água destilada por uma hora para reidratação. Após a remoção do excesso de água, as amostras foram colocadas em *beckers* com 300 ml de solução de ácido acético 0,5%. Os *beckers* foram mantidos a temperatura ambiente por uma hora.

Após esse período as amostras foram enxaguadas em água corrente por trinta minutos com auxílio de peneiras Granutest com malha de 0,044 mm e em seguida lavadas três vezes em água destilada para retirar o excesso da solução ácida (Figura 06).

A etapa de extração do ágar de *Gracilaria domingensis* se diferencia de *Gelidiella acerosa* por não possuir pré-tratamentos.

Em cada amostra utilizou-se 10 g de *Gracilaria domingensis* seca, pesadas em balança digital analítica (Micronal AB; modelo 204). Em seguida, as amostras foram embebidas em água destilada por uma hora.



Figura 06- Lavagem das amostras de *Gelidiella acerosa* sobre peneira Granutest (malha 0,044 mm), após pré-tratamento com ácido acético 0,5 %.

As extrações seguiram protocolo proposto por Duraitatnam *et al.* (1990) adaptado por Yoshimura (2006), que sugere a extração a quente utilizando-se uma solução de CaCl_2 0,5% para obter melhor qualidade do ágar para esta espécie.

C - Extração

As amostras *in natura* e tratadas de *Gelidiella acerosa* foram colocadas em frasco Erlenmeyer contendo 300 ml de água destilada e vedado com rolha de algodão para evitar perdas durante a extração (Figuras 07). Posteriormente, as amostras foram autoclavadas por uma hora a temperatura de 121 °C.



Figura 07- Amostras em preparo para extração, detalhe para a vedação dos Erlenmeyers com rolhas de algodão adaptadas para evitar perdas de material.

As amostras de *Gracilaria domingensis* foram acondicionadas em frascos Erlenmeyer contendo 300 ml de solução de CaCl_2 0,5% foram submetidas a extração por duas horas em banho-maria (Nova Técnica, modelo 550) a 80 °C com leve agitação, não ultrapassando 1500 rpm. A velocidade da agitação foi considerada um fator muito importante, pois garantiu uma maior homogeneidade das amostras durante o procedimento extrativo. Outro fator relacionado a agitação, refere-se a fragmentação excessiva da macroalga. Deve-se evitar que tal fragmentação ocorra, pois prejudica a etapa de filtragem do material. Esta perda pode ser de todo material processado até a presente etapa.

D – Filtragem

Filtragem para separação do ágar de possíveis resíduos, como a celulose, foi realizada em um Kitassato de 100 ml acoplado a um sistema de filtragem a vácuo (Figura 08), que foi realizado de forma idêntica para ambas espécies estudadas. O sistema foi composto por funil de Büchner e uma bomba de vácuo (Prismatec, modelo 131). O filtro utilizado foi de tecido de algodão denominado gaze hidrófila, vendido em farmácias. Este retalho de gaze foi dobrado quatro vezes e recortado no formato e tamanho exato no funil de Büchner. Após filtragem o ágar foi deixado em recipiente em repouso para gelificar a temperatura ambiente por 24 horas.

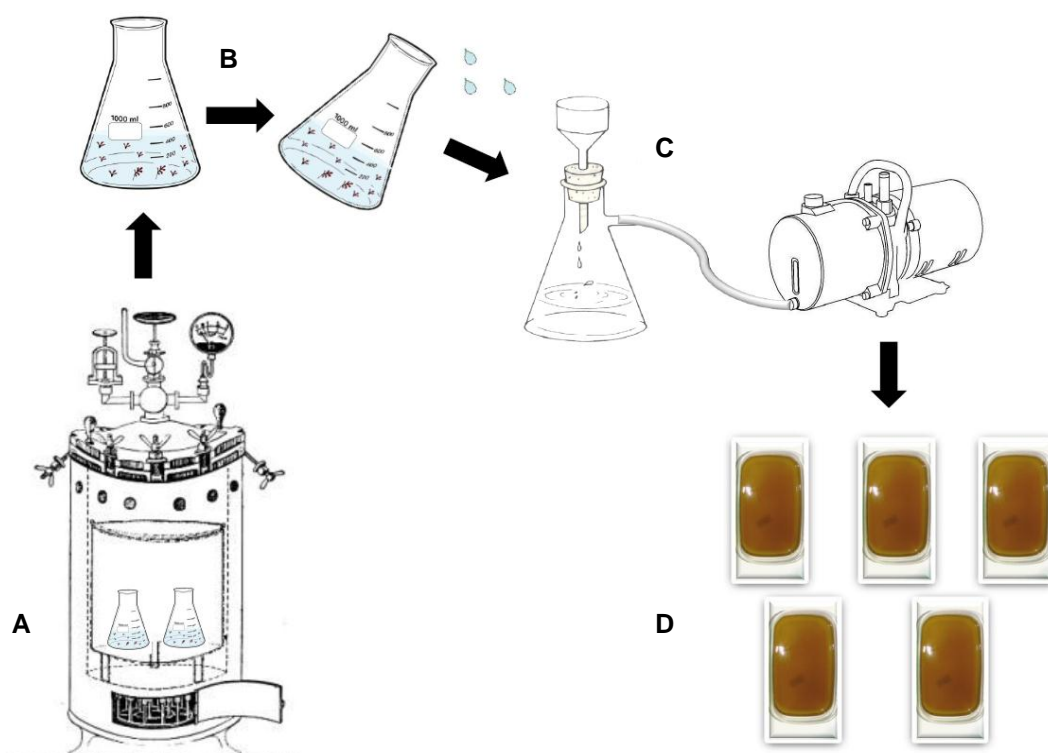


Figura 08- Esquema das etapas de filtragem à vácuo do ágar extraído de *Gelidiella acerosa* e *Gracilaria domingensis*. A legenda representa as amostras extraídas em autoclave ou banho Maria (A); Amostras aquecidas seguindo para etapa de filtragem (B); Sistema de filtragem à vácuo (C) e (D) o ágar.

E - Congelamento e descongelamento

O gel resultante foi congelado por 24 horas para ambas espécies, sendo em seguida descongelado de forma lenta até alcançar temperatura ambiente e lavado em água destilada, num processo conhecido como purificação. Durante

esse procedimento, ocorre a eliminação dos pigmentos e de alguns sais indesejáveis, esse processo foi repetido por mais duas vezes.

Deve-se ressaltar que o número de vezes a ser realizado neste processo difere entre as espécies estudadas. Este processo para *Gracilaria domingensis* deve ser feito apenas uma vez, enquanto que para *Gelidiella acerosa*, deve-se repetir até que se observe visualmente a obtenção de um gel com aparência mais clara.

F- Secagem

O gel foi seco em estufa (marca Fanem, modelo 315SE) a 60°C por 72 horas, o ágar seco foi utilizado para o cálculo do rendimento ou teor do ágar, de acordo com a fórmula abaixo:

$$\text{Teor de ágar \%} = \frac{\text{massa (g) do ágar seco} \times 100}{\text{massa (g) de macroalga seca}}$$

Legenda:

Massa (g) de ágar seco: gel resultante da filtragem.

Massa (g) de macroalga seca: 10g pesadas na etapa inicial.

O ágar resultante deste processo deve ser o mais translúcido possível para atender as exigências de mercado.

Análise estatística

Os dados foram analisados utilizando-se ANOVA $p < 0,05$ para as comparações entre o rendimento do ágar e os meses coletados, entre as espécies e entre os locais de coleta.

2.3. RESULTADOS

2.3.1. Extrações teste

A etapa prévia de extrações teste possibilitou a elaboração de um protocolo otimizado das etapas de extração do ágar para as espécies *Gracilaria domingensis* e *Gelidiella acerosa* (Figura 09).

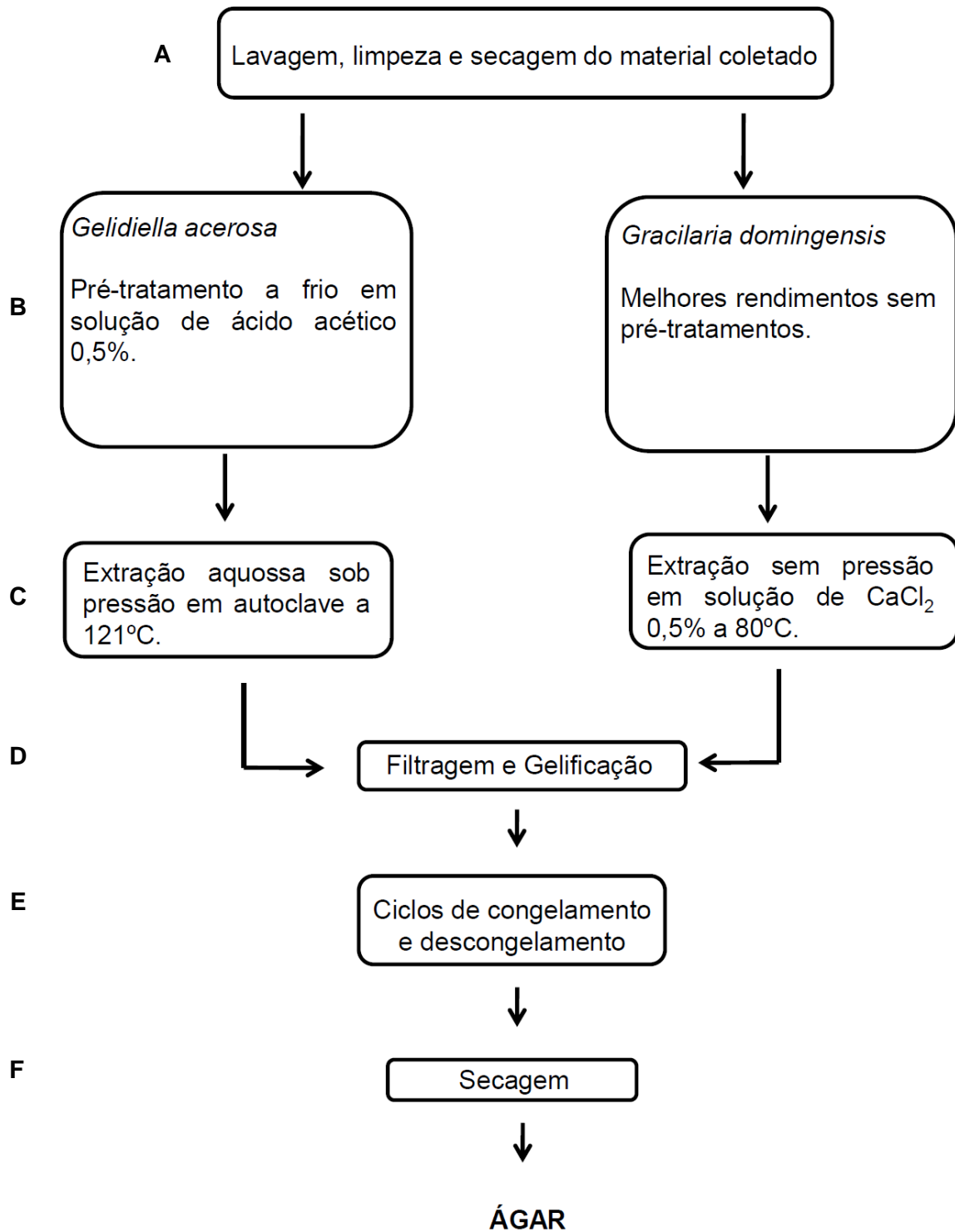


Figura 09- Fluxograma das diferentes fases do processo extrativo do ágar para *Gelidiella acerosa* e *Gracilaria domingensis*: A- Limpeza; B- Pré-tratamento; C- Extração; D- Filtragem; E- Congelamento e descongelamento e F- Secagem. (adaptado de McHUGH, 2003).

A espécie *Gracilaria domingensis* teve três protocolos de extração testados (DURAIRATNAM *et al.*, 1990; ARMISEN & GALATAS, 1987 e VILLANUEVA *et al.*, 1999). O protocolo que melhor se adequava às

comparações quantitativas e qualitativas feitas com o ágar de *Gelidiella acerosa* foi aquele protocolo proposto por Durairatnam *et al.* (1990). Os resultados obtidos com este protocolo destacaram-se por ter apresentado um ágar com melhor aspecto de gelificação, rendimento percentual médio de 44% e por apresentar quantidade razoável de 3,6 anidrogactose. Os outros protocolos apresentados, embora amplamente utilizados na literatura para o gênero *Gracilaria*, nas amostras de *Gracilaria domingensis* deste estudo não proporcionaram a gelificação do ágar.

2.3.2. Testes dos Filtros

As amostras filtradas em filtros de papel Whatman nº 541 apresentaram alto grau de pureza, mas o processo tornou-se muito lento fazendo com que o ágar gelificasse antes do término da filtração gerando perdas consideráveis.

Nas amostras filtradas em “organza” foram observados muitos resíduos, incluindo fragmentos das macroalgas e também alta opacidade denotando presença demasiada de celulose, que impede a gelificação adequada das amostras e assim, optou-se por excluir o da “organza” para esse procedimento.

Utilizando-se filtro de tecido de nylon “faite”, obteve-se um ágar de coloração escura contendo fragmentos de macroalga. Comprando-se ao resultado do filtro de “organza” em relação ao de “faite”, pode-se observar que o primeiro apresentou uma maior quantidade de impureza, contudo o uso do “faite” seu uso também foi descartado graças ao desempenho incomparável da “gaze hidrófila”.

As amostras de *Gelidiella acerosa* e de *Gracilaria domingensis* apresentaram uma melhora considerável durante o processo de filtração utilizando-se o filtro composto por quatro camadas de tecido de algodão denominada “gaze hidrófila”. O filtrado nesse caso apresentou-se mais límpido indicando alta pureza do ágar.

2.3.3. Extração do ágar de *Gelidiella acerosa* e *Gracilaria domingensis*

Observou-se, variações entre os meses coletados para rendimento do ágar das espécies *Gelidiella acerosa* e *Gracilaria domingensis* em 2010 nas estações do Morro do Pernambuco e Serra Grande (Figura 10A).

O ágar extraído da espécie *Gelidiella acerosa* proveniente de Serra Grande, apresentou variação significativa no rendimento do ágar apenas no

mês de setembro onde o valor de rendimento foi de 14,38% nas amostras que não receberam tratamento (ágar *in natura*). Durante os meses de agosto e novembro não houve diferenças significativas entre os rendimentos, que se mantiveram em 7% também para amostras de ágar *in natura*. O mesmo foi observado para as amostras do ágar que receberam pré-tratamento ácido desta mesma espécie nos meses de agosto e novembro apresentaram rendimento médio de 26%. (Figura 10A).

As amostras de ágar *in natura* provenientes da macroalga *Gracilaria domingensis* apresentaram variações no teor de ágar entre os três meses coletados na estação Serra Grande. O percentual de rendimento foi de 33,90% no mês de agosto, 29,70% no mês de setembro e 44,56% no mês de novembro.

Para espécie *Gracilaria domingensis*, o ágar que foi submetido ao tratamento alcalino apresentou variações entre os três meses coletados, o rendimento para o mês de agosto foi de 30,24% no mês de setembro foi de 34,30% e no mês de novembro de 41,64%. Observou-se que houve um aumento do rendimento tanto para as amostras *in natura* quanto para amostras tratadas no mês de novembro para macroalga *Gracilaria domingensis* na estação Serra Grande.

Na estação de coleta Morro do Pernambuco, para espécie *Gelidiella acerosa*, apenas as amostras do ágar tratadas apresentaram variações em seus rendimentos nos meses de setembro, com rendimento de 20,26% e novembro apresentando rendimento de 24,72%. Por outro lado, as maiores variações no rendimento do ágar de *Gracilaria domingensis* ocorreram nos meses de junho com rendimento de 39,74% e agosto com rendimento de 36,86%. Observou-se a partir dos resultados, que as variações nos rendimentos do ágar no Morro de Pernambuco, ficaram evidenciadas apenas nas amostras que receberam tratamento, esse padrão foi notado para as duas agarófitas estudadas (Figura 10B).

Os menores valores para as amostras de ágar *in natura* provenientes da estação Serra Grande, foram observados no mês de novembro com 6,68% para *Gelidiella acerosa*, enquanto que para *Gracilaria domingensis* o menor valor ocorreu no mês de setembro com 29,7% (Tabela 04).

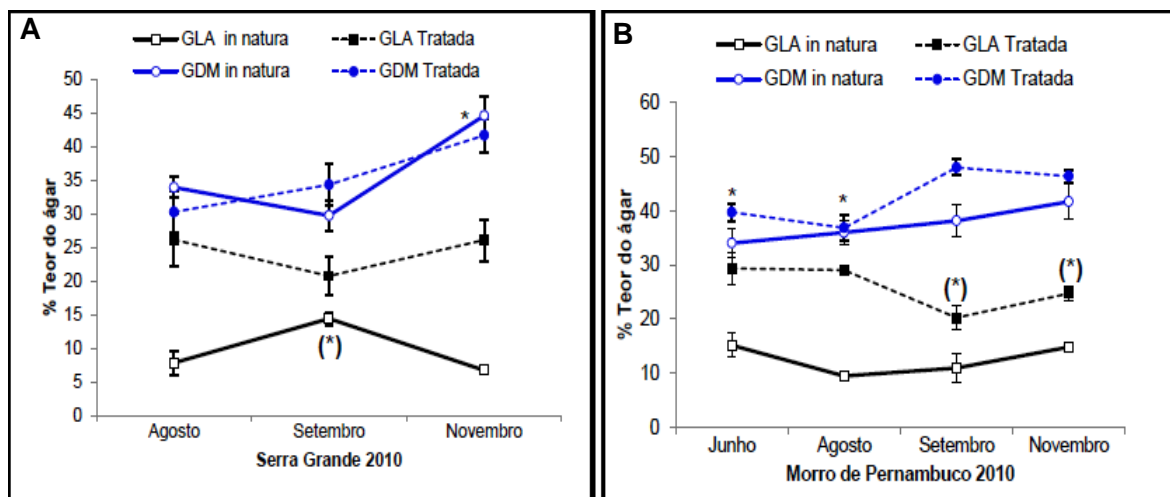


Figura 10- Variações no teor percentual do ágar (ágar / macroalga seca) das espécies *Gelidiella acerosa* (GLA) e *Gracilaria domingensis* (GDM) durante os meses de agosto, setembro e novembro para estação de coleta Serra Grande (A) e durante os meses de junho, agosto, setembro e novembro para estação de coleta Morro de Pernambuco (B) em 2010. Os asteriscos e o símbolo (*), representam as variações significativas em relação ao uso ou não de tratamento utilizando-se o Teste Newman-Keuls, ANOVA com $p < 0.05$.

Os resultados obtidos para *Gracilaria domingensis*, evidenciaram que o tratamento alcalino não influenciaram na melhora dos seus rendimentos. Observou-se que houve até uma redução do teor em amostras tratadas como está evidenciado no mês de agosto, onde amostras de ágar *in natura* apresentaram teor de 33,9%, enquanto que amostras tratadas apresentaram teor de 30,24%. Registrou-se também a redução no mês de novembro, em que foram observados rendimentos de 44,56% e 41,64% para amostras de ágar *in natura* e tratado, respectivamente (Tabela 04).

O mês de setembro na estação Serra Grande, constitui uma exceção, pois apenas para esse mês foi possível observar que o tratamento alcalino proporcionou um aumento de 4,6% no rendimento do ágar para esta espécie que apresentou rendimento de 29,70% para amostras de ágar *in natura* e um rendimento de 34,30% para as amostras tratadas (Tabela 04 e Figura 11 A).

Tabela 04- Teor percentual do ágar (ágar/ macroalga seca) para as espécies *Gelidiella acerosa* e *Gracilaria domingensis* na estação Serra Grande, durante os meses citados na tabela no ano de 2010. Para cada uma das espécies estudadas: sem tratamento (ágar *in natura*) e com tratamento.

Meses	Tratamentos			
	<i>Gelidiella acerosa</i> Ágar <i>in natura</i>	<i>Gelidiella acerosa</i> Pré tratamento ácido acético 0,5%	<i>Gracilaria domingensis</i> Ágar <i>in natura</i>	<i>Gracilaria domingensis</i> Ágar extraído com CaCl ₂ 0,5%
Agosto	7.82± 1,72	26.12± 3,86	33.90± 1,48	30.24± 3,09
Setembro	14.38± 0,92	20.72± 2,90	29.70± 2,21	34.30± 3,06
Novembro	6.68± 0,44	26.06± 3,12	44.56± 2,93	41.64± 2,53

Na estação Morro do Pernambuco, os tratamentos proporcionaram uma melhora significativa nos rendimentos tanto de *Gelidiella acerosa* quanto de *Gracilaria domingensis* em todos os meses coletados (Figura 11 B).

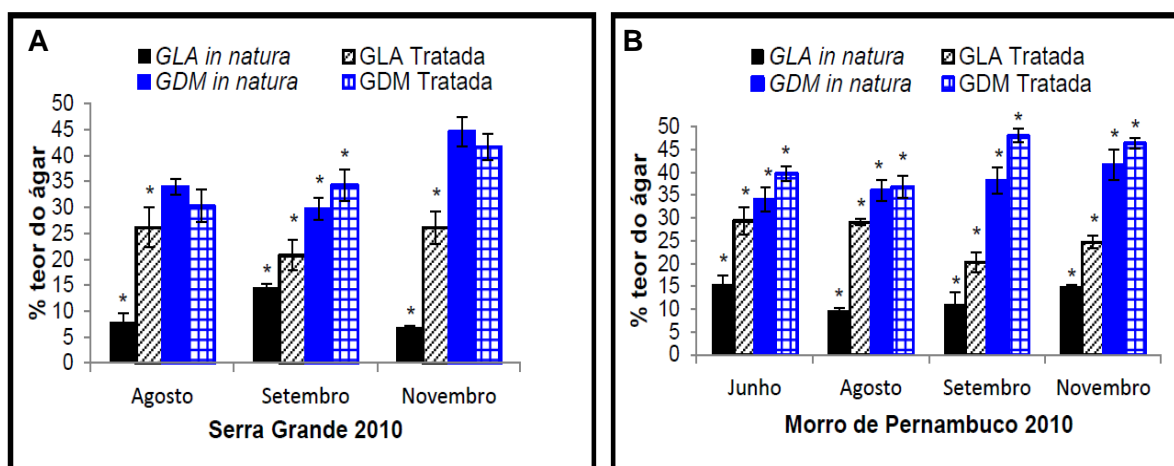


Figura 11- Efeito do tratamento sobre o teor percentual do ágar das espécies *Gelidiella acerosa* (GLA) e *Gracilaria domingensis* (GDM) durante os meses de agosto, setembro e novembro para estação de coleta Serra Grande (A) e durante os meses de junho, agosto, setembro e novembro para estação de coleta Morro de Pernambuco (B) em 2010. O asterisco representa onde houve influência significativa do tratamento. Utilizando-se o Teste de Newman-Keuls, ANOVA com $p < 0.05$.

Na estação Morro de Pernambuco, os maiores teores de ágar para *Gelidiella acerosa* e *Gracilaria domingensis*, foram observados no mês de junho apresentando 29,36% e novembro com 44,09%, respectivamente para cada espécie. Os menores teores foram encontrados no mês de agosto para *Gelidiella acerosa* que foi de 9,50% e no mês de junho para *Gracilaria domingensis* de 34,04% (Tabela 05).

Na estação Morro de Pernambuco, *Gelidiella acerosa* apresentou no mês de agosto o maior aumento no seu rendimento de 19,56%, para amostras tratadas comparadas com amostras sem tratamento (Tabela 05).

A espécie *Gracilaria domingensis*, apresentou um aumento de 10,16% nos rendimentos do mês de setembro, as amostras de ágar *in natura* apresentaram rendimento de 38,16%, enquanto que, em amostras tratadas um teor de 48% (Tabela 05).

Tabela 05- Teor percentual do ágar (ágar/ macroalga seca) para as espécies *Gelidiella acerosa* e *Gracilaria domingensis* na estação Morro de Pernambuco, durante os meses citados na tabela no ano de 2010. Para cada espécie estudada: sem tratamento (ágar *in natura*) e com tratamento.

Meses	Tratamentos			
	<i>Gelidiella acerosa</i> Ágar <i>in natura</i>	<i>Gelidiella acerosa</i> Pré tratamento ácido acético 0,5%	<i>Gracilaria domingensis</i> Ágar <i>in natura</i>	<i>Gracilaria domingensis</i> Ágar extraído com CaCl ₂ 0,5%
Junho	15.18± 2,21	29.36± 2,97	34.04± 2,57	39.74± 1,53
Agosto	9.50± 0,64	29.06± 0,68	36.00± 2,26	36.86± 2,41
Setembro	10.98± 2,65	20.26± 2,21	38.16± 2,89	48.0± 1,49
Novembro	14.82± 0,60	24.72± 1,38	41.70± 3,30	46.4± 1,16

Observou-se que o rendimento da espécie *Gracilaria domingensis* sempre se apresentou maior que o da espécie *Gelidiella acerosa* em ambas estações de coleta (Tabelas 04 e 05), porém foi possível notar também que para *G. domingensis*, diferente do que ocorreu para o ágar de *G. acerosa*, o tratamento alcalino possui pouco efeito sobre o rendimento do ágar.

Foi possível notar diferenças no rendimento percentual do ágar, dos tratamentos e entres as estações de coleta. Destaca-se o mês de setembro principalmente, pois os tratamentos aplicados tanto para *G. acerosa* quanto para *G. domingensis*, apresentaram-se diferentes entre si.

No mês de setembro, as amostras do ágar de *G. acerosa*, apresentaram um aumento de 6,34% no rendimento, para estação Serra Grande. Na estação Morro de Pernambuco esse aumento foi superior sendo de 9,28%. Para estas comparações foram levadas em consideração as amostras de ágar *in natura* e tratadas das duas estações (Figura 12).

Comparando-se as amostras da macroalga *G. domingensis*, também foi possível observar um aumento em seu rendimento na estação Morro do Pernambuco de 10,16%. Na estação Serra Grande, essa diferença também ocorreu, mas de forma discreta com a elevação do teor de ágar em apenas 3,77% (Figura 12).

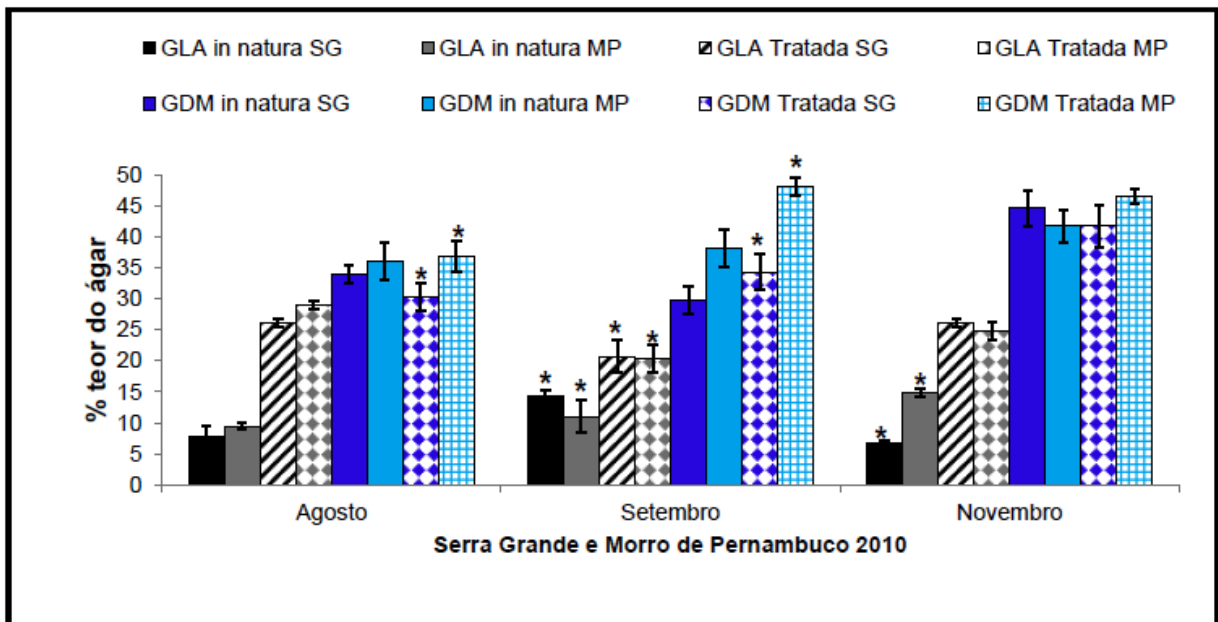


Figura 12- Efeito das diferentes estações de coleta sobre o rendimento do ágar das macroalgas *Gelidiella acerosa* (GLA) e *Gracilaria domingensis* (GDM) em amostras *in natura* (GLA *in nat* e GDM *in nat*) e tratadas (GLA t e GDM t), durante os meses de agosto, setembro e novembro para estação de coleta Serra Grande e Morro de Pernambuco em 2010. O asterisco representa que houve influência significativa do local. Utilizando-se o teste Newman-Keuls, ANOVA com $p < 0.05$.

As estações de coleta não influenciam nos resultados para as duas agarófitas estudadas, os seus rendimentos percentuais do ágar foram maiores no Morro de Pernambuco que em Serra Grande.

2.4. DISCUSSÃO

Os testes de protocolo para extração do ágar das espécies *Gelidiella acerosa* e *Gracilaria domingensis*, realizados possibilitaram a adequação de um protocolo de fácil execução e baixo custo. Considerando-se o escasso conhecimento a cerca do rendimento do ágar destas duas espécies no Brasil e principalmente no que se refere a *G. acerosa* este estudo representa uma etapa fundamental para o conhecimento da viabilidade de cultivo, estabelecendo uma metodologia bem detalhada e específica para estas agarófitas.

A padronização da metodologia para extração de ficocoloides, apesar de apresentar etapas bem estabelecidas, necessita de ajustes para cada espécie. Algumas pequenas adaptações são necessárias mesmo em se tratando de uma mesma espécie, porém provenientes de locais distintos. O que se deve levar em consideração são os fatores físicos e climáticos das regiões

geográficas, como temperatura e transparência da água, irradiância, salinidade, dessecamento, pluviosidade as quais as espécies estão expostas constantemente. A grande maioria das publicações que resumem excessivamente os pequenos ajustes, tais como: a adequação de filtros, bem como, a melhor técnica de lavagem, eficiência nos processos de lavagem ou branqueamento do ágar resultante, dificultam a repetição e conseqüentemente a utilização de seus protocolos (DURAIRATNAM *et al.*, 1990; ROLEDA *et al.*, 1997a; ROLEDA *et al.*, 1997b; YENIGUL, 2003; YOSHIMURA, 2006; PRASSAD *et al.*, 2006; PRASSAD *et al.*, 2007; GANESAN *et al.*, 2008; MEENA *et al.*, 2008; MEENA *et al.*, 2010).

Os resultados para rendimento do ágar da espécie *G. acerosa* corroboram a eficácia da metodologia utilizando-se o pré-tratamento ácido proposto por Roleda *et al.* (1997a). Este tratamento aumentou significativamente o rendimento das amostras tratadas. Roleda *et al.* (1997a e 1997b), utilizaram a técnica de pré-tratamento com ácido acético para preparação da macroalga antes da extração de forma a otimizar o seu rendimento. Os resultados obtidos a partir de tal trabalho, revelaram rendimento de 30%. Os mesmos autores supõe, que pré-tratamentos tanto alcalinos, quanto ácidos, facilitam o processo de extração das agaranas proporcionando maiores rendimentos quando comparados com amostras *in natura*. No caso específico de *G. acerosa*, Murano (1991) afirma que o pré-tratamento ácido facilita a extração dos polissacarídeos presentes na matriz celular da espécie, pois age rompendo as ligações presentes nessas estruturas.

Prasad *et al.* (2006) realizaram um estudo a cerca da qualidade do ágar de *G. acerosa* na Índia e utilizaram a metodologia proposta por Roleda *et al.* (1997a). Os autores reportaram valores de até 40% de rendimento do ágar para esta espécie. Da mesma forma que Prasad *et al.* (2006), o presente trabalho utilizou a mesma espécie e o protocolo desenvolvido e utilizado, além de seguir a mesma metodologia. Os rendimentos obtidos foram de até 30%. Estas diferenças nos resultados entre os trabalhos refletem alguns fatores importantes como, as adaptações realizadas por cada autor durante os experimentos, a diferença na procedência da matéria prima macroalgal ou ainda a influência geográfica.

Os rendimentos encontrados no ágar de *G. acerosa* nas extrações realizadas podem estar relacionadas também com seu estágio no ciclo de vida, todas as amostras extraídas para as presentes análises se encontravam tetrásporas. No trabalho proposto por Roleda *et al.* (1997 b), os maiores rendimentos foram encontrados em exemplares de *G. acerosa* nesta mesma fase, o que poderia oferecer a possibilidade de comparar os melhores resultados destes autores aos encontrados neste estudo. Entretanto, para confirmação efetiva da influência da fenologia, mais coletas nos meses de dezembro até abril seriam necessárias buscando avaliar quais fatores estão relacionados as mudanças de fase e qual as possíveis variações no rendimento do ágar.

Foram encontrados maiores percentuais de rendimento do ágar no presente estudo em relação ao trabalho proposto por Murano *et al.* (1996) também para *G. acerosa*. Tais variações podem ser atribuídas a metodologias distintas aplicadas nos trabalhos. Destaca-se, que estes mesmos autores, que utilizaram uma metodologia na extração do ágar de *G. acerosa*, na qual envolveu o tratamento enzimático dos extratos do ficocoloide.

O maior teor de ágar registrado por Murano *et al.* (1996) foi de 21%. Este valor percentual foi muito inferior aos resultados encontrados neste estudo. Observando-se a Tabela 06, pode-se confirmar através de uma análise comparativa dos rendimentos e os diferentes autores, que a modificação e o desenvolvimento de novos protocolos influencia diretamente no percentual de rendimento do ágar para uma mesma espécie.

Gracilaria domingensis apresentou valores satisfatórios de até 48% para teor do ágar, comparando-se com resultados da literatura para o mesmo gênero, os rendimentos encontrados no presente estudo foram muito superiores (VILLANUEVA *et al.*, 1999; HEMMINGSON & FURNEAUX, 2003; FREILE-PELEGRÍN & MURANO, 2005; MEENA *et al.*, 2008).

É importante salientar, no que se refere ao gênero *Gracilaria*, a maioria dos trabalhos que abordam a extração do ágar da ordem Gracilariales adotam o pré-tratamento alcalino com hidróxido de sódio (MARINHO-SORIANO *et al.*, 1999; VILLANUEVA *et al.*, 1999; HEMMINGSON & FURNEAUX, 2003; FREILE-PELEGRÍN & MURANO, 2005; MEENA *et al.*, 2008). Os resultados encontrados pelos referidos autores que utilizaram esse tipo de metodologia

não foram muito distintos em relação a este trabalho, sendo encontrado por estes autores rendimentos de até 30%. O presente trabalho e os propostos por Yoshimura (2006), Durairatnam *et al.* (1990) e Yenigül (1993), que aplicaram uma metodologia alternativa ao clássico tratamento alcalino com hidróxido de sódio, utilizando um pré-tratamento com ácido clorídrico, seguido da extração com Cloreto de Cálcio 0,5%. Tal metodologia proporcionou os melhores rendimentos e um gel com melhor resultado de gelificação e textura.

Tabela 06- Listagem dos resultados encontrados por diferentes autores de teor percentual do ágar extraídos de *Gelidiella acerosa*.

Autor	Espécie	Local do estudo	Teor (%)
MURANO <i>et al.</i> (1996)	<i>Gelidiella acerosa</i>	Venezuela	21,00*
ROLEDA <i>et al.</i> (1997a)	<i>Gelidiella acerosa</i>	Filipinas	5,94 – 29,84
ROLEDA <i>et al.</i> (1997b)	<i>Gelidiella acerosa</i>	Filipinas	17,90 – 39,90
VILLANUEVA <i>et al.</i> (1999)	<i>Gelidiella acerosa</i>	Filipinas	7,00 – 21,00
PRASSAD <i>et al.</i> (2006)	<i>Gelidiella acerosa</i>	Índia	8,50 – 40,40
PRASSAD <i>et al.</i> (2007)	<i>Gelidiella acerosa</i>	Índia	19,00 – 29,00
GANESAN <i>et al.</i> (2008)	<i>Gelidiella acerosa</i>	Índia	37,24*
MEENA <i>et al.</i> (2010)	<i>Gelidiella acerosa</i>	Índia	11,00 – 28,00
Este estudo	<i>Gelidiella acerosa</i>	Brasil	8,66 – 29,36

* Representação do maior rendimento do ágar.

Foi observado que as metodologias clássicas descritas para *Gracilaria domingensis* não surtiram efeito nas amostras de ágar do presente trabalho. Todas as amostras testes extraídas com o método tradicional não gelificaram comprovando a hipótese da autora Yoshimura (2006), que testou dezenove protocolos extrativos para duas espécies do gênero *Gracilaria* e observou que o tratamento alcalino com NaOH não foi bem sucedido nas extrações do ágar para as espécies. A referida autora supôs que poderia haver a possibilidade do ágar de *Gracilaria domingensis* possuir características distintas de outras espécies do mesmo gênero também testadas no seu trabalho. Dessa forma, é importante investir na otimização da extração do ágar desta espécie utilizando-se métodos diferentes daqueles rotineiramente empregados para as espécies cilíndricas do gênero *Gracilaria*.

Um outro ponto de discussão sobre a gelificação do ágar de *Gracilaria* é a possibilidade das espécies de talo achatado possuírem uma exigência maior das condições extrativas como temperatura, concentração do álcali e a agitação durante a extração. Os fatores tratamento e agitação mostraram ser fundamentais para os bons rendimentos alcançados no ágar de *Gracilaria domingensis*, essa

combinação facilitou a extração do ficocoloide que foi comprovada através dos altos teores de ágar apresentados no presente trabalho.

O volume de trabalhos publicados para *Gracilaria domingensis* é muito superior ao de *Gelidiella acerosa* corroborando a idéia de que esta última poderá constituir uma alternativa na produção do ágar ainda pouco explorada mundialmente e inexplorada no Brasil (Tabelas 06 e 07).

Tabela 07- Listagem dos resultados encontrados por diferentes autores de teor percentual do ágar extraídos de espécies de *Gracilaria*.

Autor	Espécie	Local do estudo	Teor (%)
DURAIRATNAM <i>et al.</i> (1990)	<i>Gracilaria domingensis</i>	Brasil	28,00 – 46,00
YENIGÜL (1993)	<i>Gracilaria verrucosa</i>	Turquia	24,00 – 43,00
MARINHO-SORIANO <i>et al.</i> (1999)	<i>Gracilaria bursa-pastoris</i>	França	36,00 – 39,00
VILLANUEVA <i>et al.</i> (1999)	<i>Gracilaria eucheumoides</i>	Filipinas	20,00 – 29,00
HEMMINGSON & FURNEAUX (2003)	<i>Gracilaria chilensis</i>	Nova Zelandia	26,00 – 39,00
FREILE-PELEGRIN & MURANO (2005)	<i>Gracilaria cervicornis</i>	México	13,00 – 39,00
	<i>Gracilaria crassissima</i>		
	<i>Gracilaria blodgettii</i>		
YOSHIMURA (2006)	<i>Gracilaria domingensis</i>	Brasil	4, 00 – 53,00
	<i>Gracilaria caudata</i>		
MEENA <i>et al.</i> (2008)	<i>Gracilaria edulis</i>	Índia	16,00 – 25,00
	<i>Gracilaria crassa</i>		
	<i>Gracilaria folifera</i>		
	<i>Gracilaria corticata</i>		
Este estudo	<i>Gracilaria domingensis</i>	Brasil	31,00 – 48,00

Existem inúmeras publicações na literatura, que defendem o fato de que tais variações estão estreitamente ligadas a sazonalidade, esses autores acreditam que mudanças na pluviosidade, luminosidade e na fenologia são os fatores que irão ditar o maior ou menor rendimento do ficocoloide. (LAHAYE & YAPHE, 1988; DURAIRATNAM *et al.*, 1990; YENIGUL, 1993; OLIVEIRA *et al.*, 1996; ROLEDA *et al.*, 1997b; VILLANUEVA *et al.*,1999; HAYASHI, 2001; MARINHO-SORIANO & BOURRET, 2003; GANESAN *et al.*, 2008). A espécie *Gracilaria domingensis* possui textura e estrutura de talo mais delicada, a morfologia e constituição do talo deste gênero facilita o rompimento das células da parede celular durante o tratamento químico liberando uma quantidade maior do ágar. Por outro lado, a macroalga *Gelidiella acerosa* possui um talo mais resistente sendo necessária utilização da pressão durante a extração do seu ágar.

Foram encontradas variações nos rendimentos durante os meses coletados para ambas espécies. Contudo, não seria possível afirmar que tais variações estão diretamente correlacionadas com a sazonalidade, para tanto

seria necessário avaliações por mais um ano, para confirmar ou não um padrão de oscilação dos rendimentos. Se a área em questão apresentar resultados satisfatórios para cultivo e os valores de recobrimento percentual confirmarem a análise visual de dominância na cobertura, sugere-se efetuar os experimentos para verificar de há ou não um padrão de sazonalidade, ou pelo menos diferenças relacionadas a estações secas e chuvosas incluindo meses com menores índices pluviométricos. Assim, estariam inseridas também outras variáveis como fenologia e a eventual relação com fotoperíodo ainda não estabelecido para a espécie *Gelidiella acerosa*.

No presente trabalho, um importante fato observado foi referente ao rendimento percentual no ágar de *Gracilaria domingensis*, que se mostrou superior ao de *Gelidiella acerosa* nas duas estações de coleta. Tal resultado pode ser atribuído ao fato da espécie possuir uma maior facilidade em extrair o ficocoloide.

Considerando-se os valores do teor de ágar observados na literatura, as populações de *Gelidiella acerosa* e *Gracilaria domingensis* que ocorrem nos costões rochosos dos municípios estudados apresentaram resultados que atendem ao esperado, apresentando valores percentuais aceitos no mercado internacional.

2.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo constituiu em uma primeira abordagem, que avaliou a potencialidade intrínseca de cada uma das espécies e também de forma comparativa, obtendo resultados positivos que apontaram para um maior investimento no que se refere ao rendimento percentual do ágar. Entretanto, este é apenas um dos aspectos a serem vistos. Um investimento deve ser embasado em pesquisa multidisciplinar abrangendo desde aspectos ecofisiológicos como análise de cobertura e dos estoques dos bancos naturais, variações na fenologia em relação as condições físicas, químicas e ambientais. Além de estudos voltados para viabilidade das áreas para implantação dos cultivos, aceitação e interesse da população costeira.

Deve-se facilitar o esclarecimento e a divulgação de protocolos simplificados com aplicação acessível para população costeira sempre visando

empreendimentos que possam ser revertidos em práticas socialmente aceitas e rentáveis para serem inseridas sem lesar as tradições e costumes locais.

A espécie *Gracilaria domingensis* apresentou maior rendimento em relação a *Gelidiella acerosa* apresentando-se dentro dos padrões exigidos e já comercializados por empresas como a Ágar Gel na Paraíba. A avaliação quantitativa do ágar deve atender aos critérios de comercialização do produto final, bom rendimento correspondem a um único critério para o investimento na produção em larga escala industrial do ágar. Existem critérios qualitativos estabelecidos pelo mercado internacional que irão enquadrar o ágar no setor de consumo podendo ser o setor alimentício, laboratorial ou farmacêutico, o mais apropriado. Tais aspectos devem ser abordados, principalmente para *Gelidiella acerosa*, pois mesmo possuindo ágar compatível com o exigido pelo mercado internacional e é um recurso inexplorado no Brasil.

A aplicação do ágar de *G. acerosa* uma vez que haja maior investimento em estudos ecofisiológicos, pode suprir um patamar mais alto de exigência na qualidade do produto. A qualidade do ágar inclui um conjunto de características que foram detalhadamente estudados no próximo capítulo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARMISÉN, R., GÁLATAS, F., 1987. Production, properties and uses of agar. In: MCHUGH, D.J. (Ed.), Production and Utilization of Products from Commercial Seaweed. FAO Fish Technical Papers. FAO, pp. 228–240.

DURAIRATNAM, M; MEDEIROS, T. M. B; SENA, A. M. 1990. Studies on the yield and gel strength of agar from *Gracilaria domingensis* Sonder ex Kuetzing (Gracilariales, Rhodophyta) following the addition of calcium. *Hydrobiologia* 204/205: 551-553.

FREILE-PELEGRÍN, Y; ROBLEDO, D; PERDESÉN, M; BRUNO, E; RÖNNQVIST; J. 2005. Effect of dark and salinity treatment in the yield and quality of agar from *Gracilaria cornea* (Rhodophyceae). *Ciencias Marinas* 38 (3): 286-296.

FREILE-PELEGRÍN, Y; MURANO, E. 2005. Agars from three species of *Gracilaria* (Rhodophyta) from Yucatán Peninsula. *Bioresource Technology* 96: 295-302.

GANESAN, M; CHENNUR, R. K. R.; KARUPPANAN, E.; JHA, B. 2008. Seasonal variation in the biomass, quantity and quality of agar from *Gelidiella acerosa* (Forsskal) Feldmann & Hamel (Gelidiales, Rhodophyta) from the Gulf of Mannar Marine Biosphere Reserve, India. *Phycological Research*, 56: 93-104.

GONZÁLEZ-LEIJA, J.A.; HERNÁNDEZ-GARIBAY, E.; PACHECO-RUIZ, I.; GUARDADO-PUENTES, J.; ESPINOZA-AVALOS, J.; LÓPEZ-VIVAS, J. M; BAUTISTA-ALCANTAR, J. 2009. Optimization of the yield and quality of agar from *Gracilariopsis lemaneiformis* (Gracilariales) from the Gulf of California using an alkaline treatment. *Journal of Applied Phycology*, 21: 331-326.

HAYASHI, L. Extração, teor e propriedades de carragenana de *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty ex. P. Silva, em cultivo experimental em Ubatuba, SP. 2001. Dissertação (Mestrado em Botânica). Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Universidade de São Paulo. 83pp.

HEMMINGSON, J. A.; FURNEAUX, R. H. 2003. Variation of native agar gel strength in light deprived *Gracilaria chilensis* Bird, McLachlan et Oliveira. *Botanica Marina* 46: 307-314.

KUMAR, V. & FOTEDAR, R. 2009. Agar extraction processo for *Gracilaria cliftonii* (Withell, Millar e Kraft, 1994). *Carbohydrate Polymers* 78: 813-819.

LAHAYE, M.; YAPHE, W. 1988. Effects of Seasons on the Chemical Structure and Gel Strength of *Gracilaria pseudoverrucosa* Agar (Gracilariaceae, Rhodophyta). *Carbohydrate Polymers* 8: 285-301.

- LI, H.; YU, X.; JIN, Y.; ZHANG, W.; LIU, Y. 2008. Development of an eco-friendly agar extraction technique from the red seaweed *Gracilaria lemaneiformis*. *Bioresource Technology*, 99: 3301-3305.
- MARINHO-SORIANO, E.; BOURRET, E.; CASABIANCA, M.L.; MAURY, L. 1999. Agar from the reproductive and vegetative stages of *Gracilaria bursa-pastoris*. *Bioresource Technology*, 67: 1-5.
- MARINHO-SORIANO, E; BOURRET, E. 2003. Effects of season on the yield and quality of agar from *Gracilaria* species (Gracilariaceae, Rhodophyta). *Bioresource Technology*, 90: 329-333.
- MATUSHIRO, B.; URZÚA, C. C.; 1990. Agars from *Gracilaria chilensis* (Gracilariales). *Journal of Applied Phycology* 2: 273-279.
- MCHUGH, D. J. 2003. A guide to seaweed industry. FAO Fisheries Technical Paper n° 441. Rome. 105p.
- MEENA, R.; PRASSAD, K.; GANESAN, M.; SIDDHANTA, A. K. 2008. Superior quality agar from *Gracilaria* species (Gracilariales, Rhodophyta) collected from the Gulf of Mannar, India. *J. Appl Phycol* 20: 397-402.
- MEENA, R; PRASSAD, K; SIDDHANTA, A.K. 2010. Preparation of superior quality products from two Indian agarophytes. *J. Appl Phycol* 22: 1-7.
- MONTAÑO, N. E.; VILLANUEVA, R. D.; ROMERO, J. B. 1999. Chemical characteristics and gelling properties of agar from two Philippine *Gracilaria* spp. (Gracilariales, Rhodophyta). *Journal Applied Phycology* 11: 27-34.
- MURANO, E. 1991. Extraction and purification of phycocolloids from agarophytes. In: (G. G. Reina and M. Pedersen, eds) *Seaweed Cellular Biotechnology, Physiology and Intensive Cultivation*. Universidad de Las Palmas Gran Canaria, España. 303-307.
- MURANO, E.; TOFFANIN, R.; PEDERSINI, C.; CARABOT-CUERVO, A.; BLUNDEN, G.; RIZZO, R. 1996. Structure and properties of agar from two unexploited agarophytes from Venezuela. *Hydrobiologia* 326/327: 497 – 500.
- OLIVEIRA, E. C., SAITO, R. M., SANTOS NETO, J. F. & GAROFALO, G. M. C. 1996. Temporal and spatial variation in agar from a population of *Pterocladia capillacea* (Gelidiales, Rhodophyta) from Brazil. *Hydrobiologia*, 326/327: 501-504.
- PRASSAD, K; GOSWAMI, A. M.; MEENA, R.; RAMAVAT, B. K.; GHOSH, P. K.; SIDDHANTA, A. K. 2006. Superior quality agar from red alga *Gelidium acerosa* (Rhodophyta, Gelidiales) from Gujarat coast of India: An evaluation. *Indian Journal of Marine Science* 35 (3): 268-274.

PRASAD, K.; SIDDHANTA, A. K.; GANESAN, M.; RAMAVAT, B. K.; JHA, B.; GHOSH, P. K. 2007. Agars of *Gelidiella acerosa* of west and southeast coasts of India. *Bioresource Technology*, 98: 1907 – 1915.

ROLEDA, M. Y.; MONTAÑO, N. E.; GANZON-FORTES, E. T.; VILLANUEVA, R. D. 1997a. Acetic Acid Pretreatment in Agar Extraction of Philippine *Gelidiella acerosa* (Forsskaal) Feldmann et Hamel (Rhodophyta, Gelidiales).

ROLEDA, M. Y.; GANZON-FORTES; MONTAÑO, N. E. 1997b. Agar from Vegetative and Tetrasporic *Gelidiella acerosa* (Gelidiales, Rhodophyta). *Botanica Marina* 40: 501-506.

VILLANUEVA, R. D.; PAGBA, C. V. & MONTAÑO, N. E. 1997. Optimized agar extraction from *Gracilaria euchemoides* Harvey. *Bot. Mar.* 40: 369/372.

VILLANUEVA, R. D.; MONTAÑO, N. E.; ROMERO, J. B.; ALIGANGA, A. K. A. & ENRIQUEZ, E. P. 1999. Seasonal variation in the yield, gelling properties and chemical composition of agars from *Gracilaria euchemoides* e *Gelidiella acerosa* (Rhodophyta) from Philippines. *Bot. Mar.* 42: 175-182.

YENIGÜL, M. 1993. Seasonal changes in the chemical and gelling characteristics of agar from *Gracilaria verrucosa* collected in Turkey. *Hydrobiologia* 260/261: 627-631.

YOSHIMURA, C.Y. Avaliação do potencial de cultivo e produção de ágar de *Gracilaria domingensis* e de *Gracilaria caudata* (Rhodophyta, Gracilariales) na enseada da Armação Itapocoroy (Penha, Santa Catarina). 2006. Tese (Doutorado em Botânica). Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Universidade de São Paulo 163pp.

CAPÍTULO 3

**QUALIDADE DO ÁGAR DE *GELIDIELLA ACEROSA*
(FORSSKÅL) FELDMANN AND G.HAMEL E *GRACILARIA*
DOMINGENSIS (KÜTZING) SONDER EX DICKIE NO LITORAL
SUL BAIANO**

3.1. INTRODUÇÃO

O ágar é componente estrutural da matriz celular de algumas macroalgas vermelhas e pode ser definido como uma mistura complexa de polissacarídeos. A estrutura química do ágar consiste de duas frações: um polímero neutro, a **agarose**, de alto poder gelificante e **agarpectina**, um polissacarídeo sulfatado de baixo poder gelificante. Além de apresentar pontes de 3,6 anidrogactose e resíduos de sulfato, piruvato, urinato ou grupos metoxil. (MARINHO-SORIANO & BOURRET, 2003; MATHIESON *et al.*, 1984; BORAL & BOHIDAR, 2009).

Atualmente sabe-se que o ágar compreende uma família química de polissacarídeos as agaranas. Deve-se ressaltar que diferentes componentes da família das agaranas podem estar presentes no ágar de uma mesma espécie. Esta variedade de agaranas é dada pelos diferentes grupos substituintes que ocupam posições distintas deste polissacarídeo e suas variações dependem da espécie em questão, das condições ecofisiológicas e fenologia (ASARE, 1980; ARMISEN & GALATAS, 1987, ROLEDA *et al.*, 1997b; McHUGH, 2003).

As diversas aplicações do ágar nos setores da indústria estão relacionadas à habilidade de formar géis termorreversíveis em baixa quantidade de água e o alto grau de histerese (LAHAYE & ROCHAS, 1991). A construção e o comportamento dessas redes tridimensionais são baseados na associação das estruturas primárias helicoidais deste polissacarídeo (LAHAYE, 2001).

O ágar é bastante resistente a uma faixa de pH entre 5 e 8. O seu gel possui excelente reversibilidade, o que permite realizar ciclos repetidos de fusão e gelificação sem perda das propriedades originais. A sua grande capacidade de resistir a tratamentos térmicos elevados, permite o seu uso em processos de esterilização (ARMISEN & GALATAS, 1987).

Embora, critérios como aparência, turbidez, conteúdo de traços metálicos, cinzas, presença de substâncias exógenas como o amido, pigmentos, proteínas e a celulose, sejam importantes, a qualidade do ágar é estabelecida, principalmente, pela capacidade gelificante e a textura que o gel fornece. A qualidade do ágar, de forma geral, é avaliada em termos práticos e

muitas vezes as exigências de uma dada aplicação acabam determinando a natureza química das preparações do ágar (MURANO, 1995).

As propriedades gelificantes do ágar estão estreitamente relacionadas com a sua constituição química. A fração de 3,6 anidrogactose desempenha importante papel na regulação da conformação helicoidal no polissacarídeo, influenciando diretamente na sua capacidade de gelificar (LAHAYE, 2001).

A caracterização química do ágar proposta pelo mercado internacional de ficocoloides inclui o teor de sulfato, 3,6 anidrogactose, força do gel, propriedades de sinérese e histerese (HAYASHI, 2001).

O ágar apresenta valores para conteúdo de sulfato em geral menor que 10% podendo chegar a 15% a depender da espécie utilizada. Enquanto que, nas carragenanas o teor de sulfato pode alcançar valores em torno de 20% podendo alcançar 50%.

Os pré-tratamentos alcalinos utilizados tanto em agaranas quanto em carragenanas, usualmente são empregados com a finalidade de aumentar a quantidade de 3,6 anidrogactose e conseqüentemente diminuindo o teor de sulfato fazendo com que melhore a qualidade do ágar. As agarófitas pertencentes à ordem Gelidiales apresentam baixo teor de sulfato em seu ágar. Os valores obtidos para teor de sulfato em representantes dessa ordem não ultrapassam 10% e apresentam também alto teor percentual de 3,6 anidrogactose, acima de 30% (HAYASHI, 2001).

A força do gel é o principal parâmetro que caracteriza o poder gelificante do ágar. A força do gel de uma solução 1,5% de ágar industrial apresenta uma faixa de 600 a 1100g/cm². Em geral, a força do gel de ágar está entre 700 a 800 g.cm². Esta faixa compreende cerca de 5 a 8 vezes mais em relação a de outros coloides utilizados na indústria alimentícia . (ARMISEN & GALATAS, 1987).

Destaca-se também a capacidade de histerese durante a gelificação de um gel de ágar ou agarose. Uma solução de ágar ou agarose quando resfriada forma um gel a temperaturas entre 32°C a 43°C, dependendo do teor de grupos metoxílicos e, portanto, da alga utilizada. Quando o gel é aquecido a 85°C, o mesmo é fundido e retorna a forma sol. A diferença entre as temperaturas de fusão e gelificação é excepcionalmente elevada, quando comparada com outros ficocoloides. Esta propriedade pode explicada pelo número mais

elevado de ligações de hidrogênio e a falta de grupos sulfato, o que resulta em um gel sem espaçamentos das hélices muito menores que os das carragenanas (ARMISEN & GALATAS, 1987; LAHAYE, 2001; BÉNECH & WOLFF, 2008).

O gel de ágar costuma perder água com o passar do tempo, tal fenômeno é conhecido como sinérese. Essa propriedade é atribuída a contração da rede do polímero e pela lenta agregação das hélices que é reduzida em ágares com grupos substituintes e inversamente relacionada com a sua concentração (LAHAYE, 2001).

A sinérese forçada representa também uma alternativa de baixo custo durante a purificação do ágar como substituto do método clássico de congelamento-descongelamento, que tornam-se caros e desperdiçam grandes quantidades de água, além de ser demorado (McHUGH, 2003).

As galactanas sulfatadas, dentre elas o ágar e a carragenana, produzidas pelas macroalgas vermelhas e o alginato produzido pelas macroalgas pardas são os principais hidrofícolóides utilizados como agentes na texturização das aplicações comerciais alimentícias, laboratoriais, cosméticas e são responsáveis pela movimentação mundial de aproximadamente 583 milhões dólares por ano (LAHAYE, 2001; McHUGH, 2003).

Na indústria alimentícia, o ágar tem uso generalizado, onde se aproveitam suas habilidades emulsificantes, estabilizantes e gelificantes, assim como sua alta resistência ao calor. Devido seu baixo valor energético, o ágar é amplamente utilizado na produção de alimentos dietéticos. Além disso, possui aplicabilidade nos setores biotecnológicos, os géis formados a partir do ágar tem excelente aplicação para separação de eletrólitos em eletroforese, em meios de cultura em microbiologia e em culturas de gemas de tecido vegetal (YOSHIMURA, 2006).

Existem comercialmente diversas metodologias aplicadas na produção industrial, contendo ou não modificações de procedimentos e inovações na extração de ficocolóides. Esta diversidade de procedimentos tem produzido uma grande oscilação dos valores de rendimento e qualidade do ágar (ROLEDA *et al.*, 1997a). Os pré-tratamentos usualmente são utilizados durante os processos de extração dos ficocolóides como forma de melhorar as

propriedades físico-químicas dos géis resultantes promovendo a conversão dos resíduos galactose-6-sulfato em 3,6 anidrogactose, aumentando assim suas habilidades gelificantes (McHUGH, 2003; REBELLO *et al.*, 1997).

O ágar que é comercializado industrialmente para uso alimentício é apresentado ou na forma de tiras ou em pó. O pó é mais utilizado em laboratórios, devido a maior facilidade de se dissolver em soluções e por se apresentar em partículas diminutas e amplamente requisitado para preparações de géis de eletroforese e meios de cultura (McHUGH, 2003).

O ficocoloide em tiras comumente chamado de *in natura* é produzido em pequena escala na China, Japão e República da Coreia. Neste tipo de produção mais artesanal são empregadas metodologias tradicionais para atender ao comércio local (McHUGH, 2003).

3.2. MATERIAL E MÉTODOS

As análises foram feitas com amostras de ágar extraídas das agarófitas *Gelidiella acerosa* e *Gracilaria domingensis* coletadas em bancos naturais.

As estações de coleta foram realizadas em dois municípios do litoral sul baiano, Ilhéus e Uruçuca. As coletas foram realizadas durante os meses de junho, agosto, setembro e novembro de 2010, nas estações de coleta denominadas de Morro de Pernambuco e Serra Grande. As amostras foram submetidas a diferentes condições: sem tratamento, pré-tratamento ácido e pré-tratamento alcalino, de acordo com a metodologia apresentada no Capítulo 2. As análises qualitativas, teor de 3,6 anidrogactose e teor de sulfato, tiveram caráter comparativo entre as duas agarófitas estudadas.

As análises do conteúdo de 3,6 anidrogactose foram feitas através do método colorimétrico adaptado do trabalho proposto por Matushiro (1995). Esse método tem como princípio colocar o composto que deseja quantificar em contato com um reagente específico, de modo que essa mistura irá desenvolver uma coloração, e sua intensidade será proporcional a concentração da substância, que nesse caso refere-se a quantificação de 3,6 anidrogactose (Figura 13). A metodologia foi aplicada de forma idêntica para as duas espécies estudadas.



Figura 13- Etapa de quantificação do teor de 3,6 anidrogactose no ágar de *Gelidiella acerosa*, as amostras com coloração mais clara e mais escura representam baixos e altos teores de 3,6 anidrogactose respectivamente.

3.2.1. Preparo dos reagentes para análise colorimétrica (3,6 anidrogactose)

Solução de Timol a 5% (Vetec p.a.) em etanol a 98%.

Solução de Cloreto Férrico p.a. a 0,5% em ácido clorídrico concentrado p.a.

3.2.2. Curva padrão

A curva padrão foi construída a partir de soluções de frutose Sigma (50-250 $\mu\text{g/mL}$), aplicando o método de regressão linear. A cada nova preparação dos reagentes utilizados nesta análise fez-se necessário a preparação de uma nova curva padrão (Figura 14). As concentrações de 3,6 anidrogactose foram calculadas utilizando-se o valor gerado através da inclinação da curva padrão.

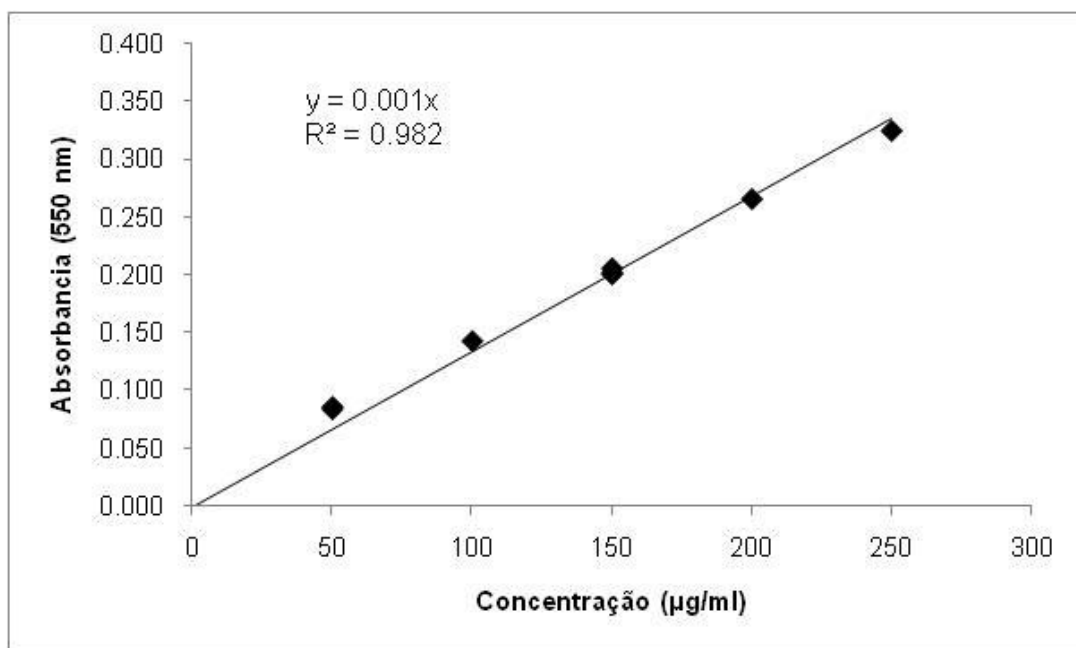


Figura 14- Curva padrão utilizando-se frutose, para análise colorimétrica do teor de 3,6 anidrogactose com leitura espectrofotométrica feita a 635nm.

3.2.3. Preparação das amostras para análise

As amostras foram pesadas em tubos Falcon de 50 mL, aproximadamente 10 mg de ágar seco provenientes das amostras de ágar *in natura* e das amostras tratadas para cada espécie. Em seguida, foram adicionados 40 mL de água destilada e os tubos foram colocados em banho maria com temperatura variando entre 95 °C e 100 °C, até que ocorresse a completa dissolução do ágar. No sentido de facilitar a dissolução do ágar foi utilizado o agitador Vortex (Biomixer, modelo QL-901), somente o necessário para completar dissolução do ficocoloide. Posteriormente, o volume foi corrigido para 50 mL utilizando-se água destilada. A solução resultante foi denominada solução estoque das amostras.

3.2.4. Quantificação de 3,6 anidrogactose

Em tubos de ensaio de 30 mL, foram adicionados 2 mL de água destilada; 0,5 mL de solução de Timol 5%, 5mL de solução de Cloreto Férrico 0,5% em HCl concentrado e 2 mL da solução estoque das amostras. Os tubos foram fechados e agitados com auxílio de Vortex (Biomixer, modelo QL-901).

As amostras foram aquecidas em banho maria por treze minutos e resfriadas rapidamente em banho de gelo e água. Foram acrescentados 10mL de álcool etílico 98% nas soluções e novamente os tubos foram agitados.

As leituras das absorvâncias das amostras foram realizadas em espectrofotômetro (Micronal AB 380). Todas as leituras das absorvâncias de cada amostra foram feitas em triplicata.

Os resultados foram expressos em percentual a partir da fórmula abaixo:

$$3,6 \text{ AG (\%)} = ((\text{Abs} / \text{ICP}) \times (\text{VS} / (\text{PA} \times \text{AL})) \times 100$$

3,6AG (%)= Teor percentual de 3,6 anidrolactose

Abs = Leituras das absorvância no comprimento de onda 635nm

ICP = Inclinação da curva padrão

VS = Volume total da solução estoque preparada em mL

PA = Peso do ágar seco utilizado na análise em mg

AL = Alíquota da solução estoque utilizada para a análise em mL

Nas análises para determinação do teor de sulfato, utilizou-se a metodologia clássica, através do método turbidimétrico, adaptado a partir do trabalho proposto por Dodgson & Price (1962), no qual o teor de sulfato é quantificado por espectrofotométrica a partir da turbidez resultante da combinação das amostras e dos reagentes descritos para o método.

3.2.5. Solução padrão de Sulfato de sódio (Na₂SO₄) para análise turbidimétrica (Sulfato)

Em 100 mL de água destilada foram adicionados 0,03551 g (0,025 M) de Na₂SO₄ seco, grau analítico.

3.2.6. Ácido Clorídrico (HCl) 1 N

Foi adicionado 8,5 mL de HCl concentrado em 30 mL de água destilada e em seguida o volume foi aferido para 100 mL.

3.2.7. Solução de ácido Tricloroacético (CCl₃COOH)

Preparou-se a solução de ácido tricloroacético com auxílio de balança analítica onde foram pesados 3 g do ácido e adicionado a 50 mL de água destilada, em seguida o volume foi completado para 100 mL.

3.2.8. Reagente de Cloreto de Bário (BaCl₂) e gelatina

O reagente foi preparado dissolvendo-se 0,5mL de gelatina (Merck Gelatin) em 100 mL de água quente, com temperatura entre 60 °C e 70 °C, e reservada em refrigerador (5 °C) por uma noite. Depois de cerca de dezesseis horas, o fluido semigelatinoso foi deixado a temperatura ambiente. Posteriormente, acrescentou-se 0,5 g de Cloreto de Bário (BaCl₂), que foi homogeneizado com auxílio de barras magnéticas e agitador magnético. O reagente foi conservado em refrigerador (5 °C) e antes das análises espectrofotométricas, o mesmo foi mantido a temperatura ambiente sob constante agitação e não sendo utilizado por mais de sete dias.

Destaca-se a etapa de lavagem das vidrarias, onde deve-se tomar o cuidado de lavar em HCl 2% e enxaguar em água destilada todo material de vidro incluindo as cubetas do espectrofotômetro. Tal procedimento é imprescindível, pois a análise turbidimétrica possui alta sensibilidade, assim evita a contaminação por sulfato.

3.2.9. Diluições para determinação da curva padrão

As diluições utilizadas nas análises foram: 400 µL, 800 µL, 1200 µL, 1600 µL e 2000 µL todas foram pipetadas a partir da solução padrão de sulfato (0,025 M) e colocadas em tubos de vidro cônicos. O volume de cada tubo foi completado para 2 mL com água destilada e as soluções foram misturadas com auxílio de banho de ultrassom (Bransson, modelo 2200). As soluções padrão foram conservadas sob refrigeração para aumentar sua vida útil, sendo retirados cerca de uma hora antes das análises para que alcance a temperatura ambiente.

3.2.10. Hidrólise do ágar

Na análise dos ésteres sulfatos presentes em polissacarídeos sulfatados foi necessário utilizar o mecanismo de hidrólise completa dos ésteres possibilitando a quantificação dos íons SO₄⁻ liberados, utilizando-se a metodologia proposta por Dodgson & Price (1962).

O grau de sulfatação do ágar das duas espécies estudadas é distinto, apresentando-se cerca de 10 vezes maior em *Gracilaria domingensis*, por isso visando diminuir o erro durante os experimentos optou-se por adotar uma única

curva padrão (Figura 15) para as análises das duas agarófitas e para isso foi necessário adotar pesos também diferenciados entre as amostras.

As amostras do ágar de *Gelidiella acerosa* foram pesadas em aproximadamente 60 mg e o ágar seco de *Gracilaria domingensis* pesado em aproximadamente 6 mg. O material foi seco em estufa a 60 °C por uma noite. Em seguida foi adicionado 1 mL de HCl 1 N, os tubos foram fechados com tampas herméticas, a hidrólise do ágar. A hidrólise foi então processada em banho seco (marca Thermolyne, modelo DB-17615) por três horas com temperatura variando entre 105 °C e 110 °C.

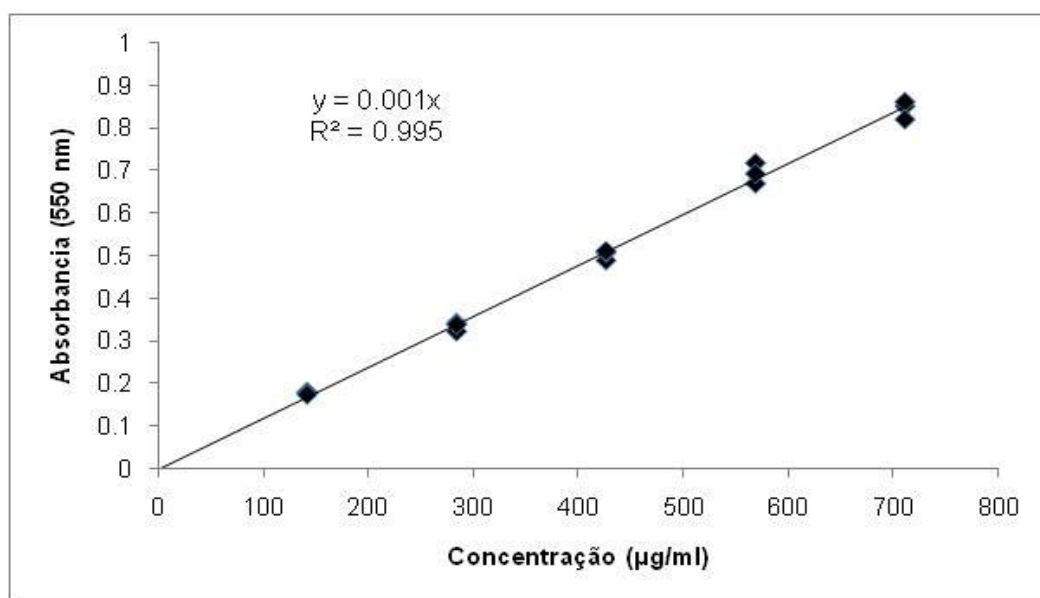


Figura 15- Curva padrão construída para determinação de sulfato para o ágar de *Gelidiella acerosa* e *Gracilaria domingensis* no litoral sul baiano.

Os frascos com as amostras hidrolisadas foram deixados esfriar até alcançar temperatura ambiente e seu conteúdo então foi transferido para tubos Eppendorf de 1,5 mL previamente rotulados. Estes tubos foram levados a centrifuga refrigerada (marca Nova Técnica, modelo 805) a 4 °C e centrifugados por oito minutos a 14.000 rpm este procedimento separou sólidos em suspensão. Utilizando-se micropipeta (Eppendorf plus 5000 µL) retirou-se 200 µL do sobrenadante, que foi denominado de solução estoque, presente nos tubos Eppendorf.

3.2.11. Quantificação do sulfato

Em tubos de ensaio de 10 mL foram adicionados: 200 µL de água destilada, que foi utilizada como branco, ou das diluições padrão de sulfato ou da solução estoque das amostras. Em seguida, utilizando-se pipeta Eppendorf

de 5 mL foram retirados 3,8 mL de ácido tricloroacético 3% e por fim 1 mL do reagente cloreto de bário e gelatina. Os tubos foram fechados e agitados com auxílio do Vortex (Biomixer, modelo QL-901) e deixados repousar entre quinze e vinte minutos. A leitura das absorvâncias foi realizada em espectrofotômetro (Micronal, modelo AB-380) no comprimento de onda de 500 nm, utilizando-se cubetas de quartzo (1 cm). A curva padrão foi construída utilizando-se o programa Microsoft Excel 2007 e apresentou-se linear. Todas as leituras das absorvâncias foram feitas em triplicatas.

3.3. RESULTADOS

O teor 3,6 anidrogactose na estação de Serra Grande apresentou uma distribuição irregular. No Morro de Pernambuco, foi possível observar uma tendência para as amostras ágar *in natura* e tratadas tanto para *Gelidiella acerosa* quanto para *Gracilaria domingensis*.

As amostras de *Gelidiella acerosa* provenientes de Serra Grande apresentaram variações significativas em todos os meses coletados. Os valores mantiveram-se variando entre 17,31% e 23,88% para amostras de ágar *in natura*. Nas amostras tratadas, os valores variaram entre 22,36% e 29,80% (Figura 16A).

No Morro de Pernambuco, assim com na estação Serra Grande, houveram variações significativas para o conteúdo de 3,6 anidrogactose da espécie *Gelidiella acerosa*. Foi possível observar uma redução do teor percentual no mês de setembro para os dois lotes de amostra (*in natura* e tratada), apresentando 20,21% para as amostras *in natura* e 25,75% para amostras tratadas. Paralelamente, notou-se o aumento desse mesmo teor para a espécie *Gracilaria domingensis* apenas nas amostras *in natura* com o maior valor observado no mês de novembro 31,33% (Figura 16B).

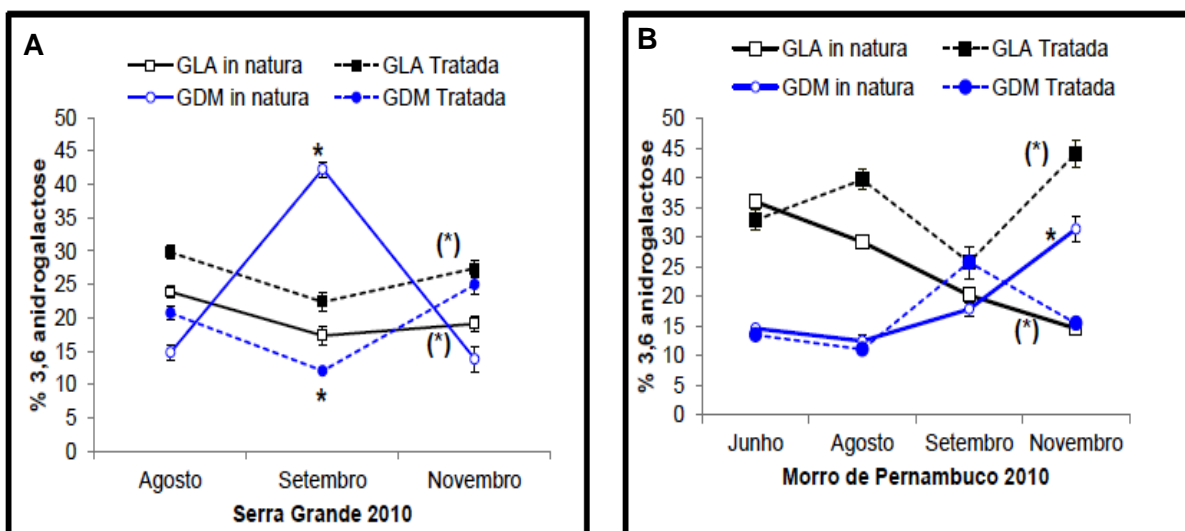


Figura 16- Variações no teor percentual de 3,6 anidrogallactose do ágar das espécies *Gelidiella acerosa* (GLA) e *Gracilaria domingensis* (GDM) durante os meses de agosto, setembro e novembro para estação de coleta Serra Grande (A) e durante os meses de junho, agosto, setembro e novembro para estação de coleta Morro de Pernambuco (B) em 2010. O asterísco e o símbolo (*), representam as variações significativas em relação ao uso ou não de tratamento utilizando-se o Teste Newman-Keuls, ANOVA com $p < 0.05$.

Na estação de Serra Grande, o maior teor de 3,6 anidrogallactose para espécie *Gelidiella acerosa* foi de 29,8%, observado no mês de agosto em amostras que receberam pré-tratamento ácido (Figura 17A).

No Morro de Pernambuco, foi possível observar que as amostras de ágar *in natura* da macroalga *Gelidiella acerosa*, apresentaram valores mais altos em junho de 35,95% sofrendo uma gradual queda, apresentando seu menor valor no mês de novembro com 16,85%. Nas amostras tratadas, tal variação ocorreu de forma mais discreta observando-se que, essas amostras apresentaram 44,09% no mês de novembro, o maior teor de 3,6 anidrogallactose registrado para este espécie (Figura 17B).

As amostras da espécie *Gracilaria domingensis* provenientes de Serra Grande, apresentaram o maior teor de 3,6 anidrogallactose no mês de setembro com 42,27%, enquanto que, no Morro de Pernambuco o maior valor para este mesmo critério foi de 31,33%. Para as duas estações os maiores valores foram encontrados em amostras de ágar *in natura* (Figura 17A e B).

Considerando-se os tratamentos aplicados nas amostras de ágar, foi possível notar melhora significativa no teor de 3,6 anidrogallactose do ágar das duas agarófitas na estação de Serra Grande, tal padrão não foi observado apenas para o mês de setembro na espécie *Gracilaria domingensis* (Figura 17A).

Na estação Morro de Pernambuco o tratamento proporcionou o aumento no teor de 3,6 anidrogactose em três dos quatro meses coletados para *Gelidiella acerosa*, não apresentando efeito apenas nas amostras do mês de junho.

O teor de 3,6 anidrogactose no ágar de *Gracilaria domingensis* apresentou aumento no mês de setembro de 14,67%, em relação ao mês de agosto para amostras tratadas (Figura 17B).

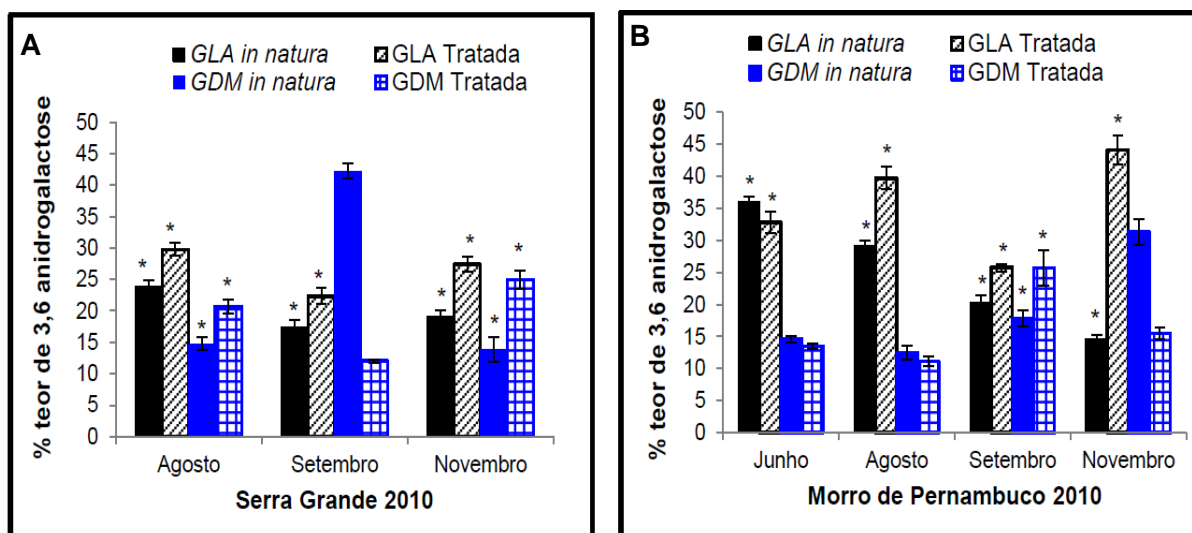


Figura 17- Efeito do tratamento sobre o teor percentual de 3,6 anidrogactose no ágar das espécies *Gelidiella acerosa* (GLA) e *Gracilaria domingensis* (GDM) durante os meses de agosto, setembro e novembro para estação de coleta Serra Grande (A) e durante os meses de junho, agosto, setembro e novembro para estação de coleta Morro de Pernambuco (B) em 2010. O asterísco e o símbolo (*), representam as variações significativas em relação ao uso ou não de tratamento utilizando-se o Teste Newman-Keuls, ANOVA com $p < 0.05$.

O teor de 3,6 anidrogactose apresentou diferenças significativas para todas as amostras de *Gelidiella acerosa* e *Gracilaria domingensis* nos dois locais de coleta. Apesar de não encontrar diferenças para o rendimento do ágar (quantidade) relacionados ao local, foi possível observar diferença na qualidade do ágar entre as localidades.

Comparando-se o teor de 3,6 anidrogactose do ágar para *Gelidiella acerosa* e entre as estações de coleta, foi possível observar que o Morro de Pernambuco apresentou teores de 3,6 anidrogactose 14,29% maior, em relação a estação Serra Grande. Para *Gracilaria domingensis* ocorreu o inverso, as amostras de ágar apresentaram um aumento de 10,94% nos teores de 3,6 anidrogactose, no entanto, de amostras provenientes de Serra Grande (Figura 18).

Para *Gelidiella acerosa* existiu uma tendência em que o ágar apresentou uma melhor qualidade no Morro do Pernambuco do que em Serra Grande. Para *Gracilaria domingensis* não foi possível observar um padrão de variação, mesmo que essa esteja relacionada ao local. Na estação Serra Grande, o valor de 3,6 anidrogalaactose é mais elevado do que no Morro de Pernambuco em alguns casos, diferente do que foi notado para *Gelidiella acerosa*, que de forma geral seguem um padrão (Figura 18).

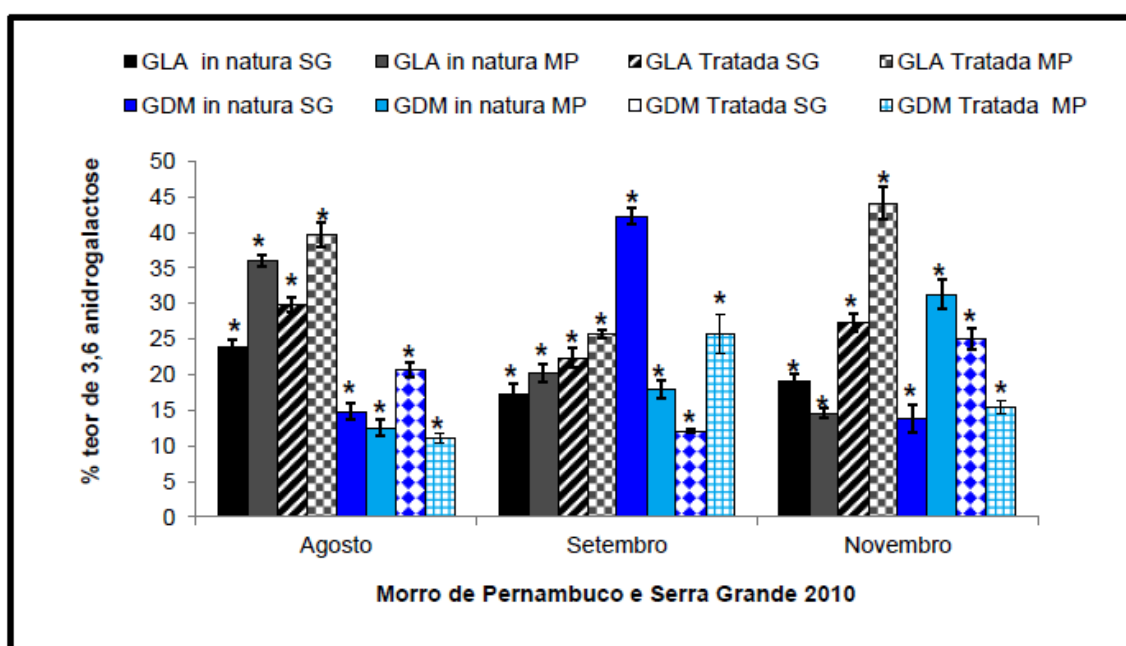


Figura 18- Efeito das diferentes estações de coleta sobre o teor de 3,6 anidrogalaactose no ágar das macroalgas *Gelidiella acerosa* (GLA) e *Gracilaria domingensis* (GDM) em amostras *in natura* (GLA *in nat* e GDM *in nat*) e tratadas (GLA t e GDM t), durante os meses de agosto, setembro e novembro para estação de coleta Serra Grande e Morro de Pernambuco em 2010. O asterisco representa onde houve influência significativa do local. Utilizando-se o teste Newman-Keuls, ANOVA com $p < 0.05$.

O ágar de *Gelidiella acerosa* não apresentou variações no teor de sulfato entre as amostras de ágar *in natura* e tratadas com valores percentuais médios de 0,6%, para estação Serra Grande (Figura 19A).

Na estação Morro de Pernambuco durante todos os meses coletados foi possível notar variações apenas nas amostras de ágar *in natura* de *Gelidella acerosa*. O menor valor foi de 0,36% e pôde ser observado no mês de junho, enquanto que o mais alto foi de 0,72% observado no mês de novembro (Figura 19B).

O teor percentual de sulfato para *Gracilaria domingensis* foi distinto entre todos os meses coletados para as duas estações de coleta. Observou-se

para Serra Grande, que os maiores valores para o teor de sulfato ocorreram no mês de setembro tanto para amostras *in natura* que foi de 3,36% quanto nas tratadas que foi de 2,93%. Já o menor valor para esse critério foi observado no mês de agosto sendo de 1,91% para a macroalga *Gracilaria domingensis* (Figura 19A).

No Morro de Pernambuco, as amostras do ágar de *Gracilaria domingensis*, apresentaram uma queda da sulfatação no mês de agosto com valores de 2,53% e 1,67%, o teor de sulfato volta a elevar-se no mês de setembro e alcança um máximo em novembro apresentando valores de 4,01% e 3,13%, respectivamente, nas amostras *in natura* e tratadas (Figura 19B).

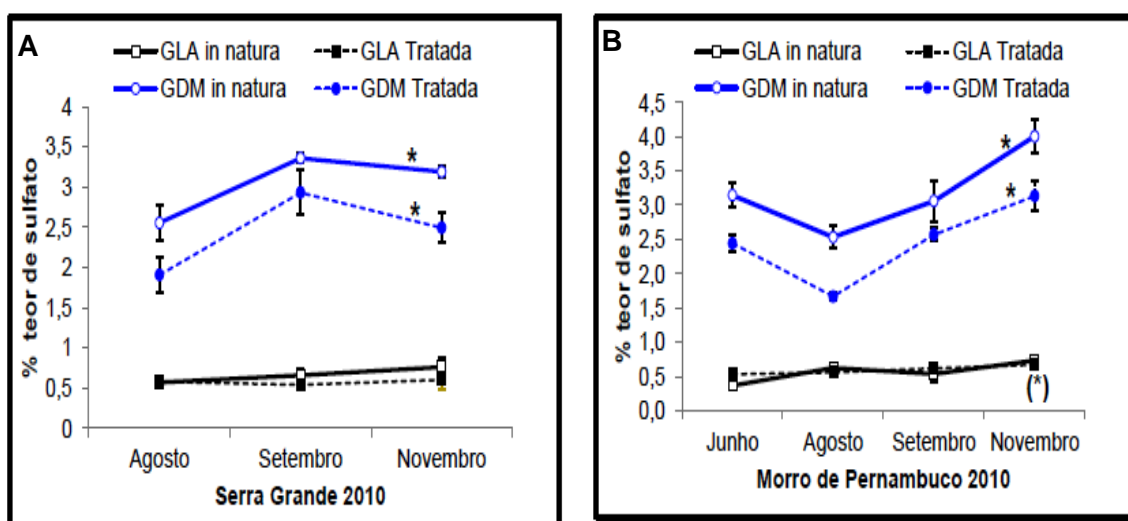


Figura 19- Variações no teor de sulfato no ágar das espécies *Gelidiella acerosa* (GLA) e *Gracilaria domingensis* (GDM) nas estações de coleta: **A)** Serra Grande (SG), nos meses de agosto, setembro e novembro de 2010 e **B)** Morro de Pernambuco (MP) nos meses de junho, agosto, setembro e novembro de 2010. O asterisco representa as variações significativa. Utilizando-se o teste Newman-Keuls, ANOVA com $p < 0.05$.

Na estação Serra Grande, o menor valor para ter de sulfato foi de 0,54% e observados em amostras tratadas de *Gelidiella acerosa*, enquanto que o maior valor de 0,76% foi encontrado em novembro (Figura 20A).

O mês de novembro para estação Morro do Pernambuco, contrariamente ao padrão da estação Serra Grande, foi único em que o tratamento reduziu efetivamente o teor de sulfato no ágar de *Gelidiella acerosa* observando-se valores de 0,73% e 0,67% para amostras *in natura* e tratadas (Figura 20B).

As amostras da macroalga *Gracilaria* provenientes da estação Serra Grande apresentaram de forma geral teores menores de sulfato. O maior teor

foi observado no mês de novembro e foi de 3,35% e o menor valor de 1,91% no mês de agosto (Figura 20A).

Na estação Morro de Pernambuco, a maior quantidade de sulfato encontrada no ágar da espécie *Gracilaria domingensis* foi de 4,01% observada durante o mês de novembro em amostras de ágar *in natura* e o menor valor 1,69%, encontrado no mês de agosto, nas amostras que receberam tratamento com CaCl_2 0,5% (Figura 20B).

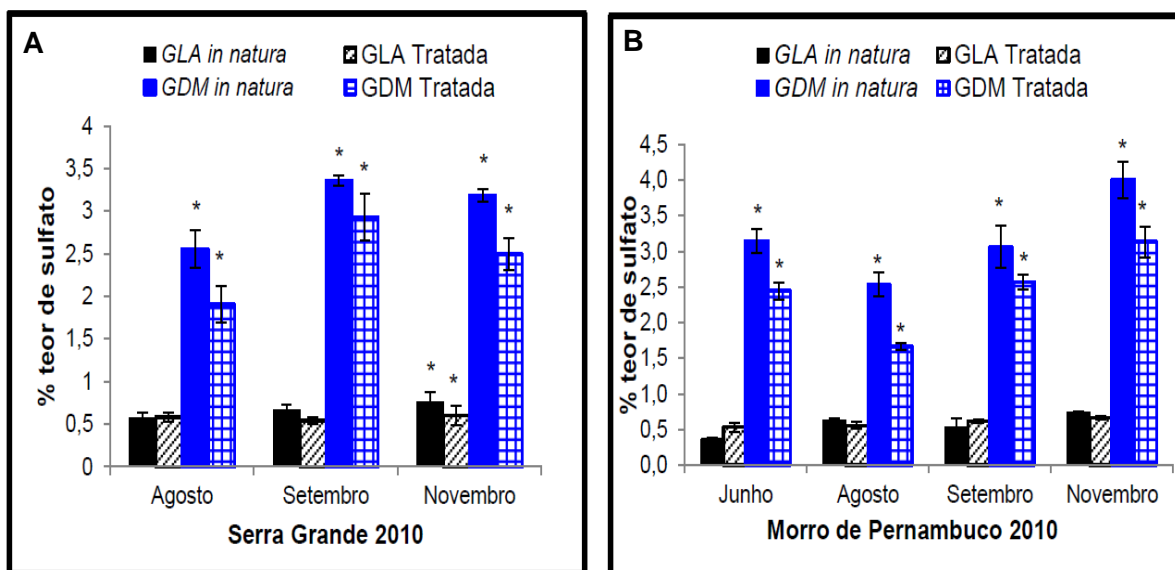


Figura 20- Efeito do tratamento sobre o teor de sulfato no ágar das macroalgas *Gelidiella acerosa* (GLA) e *Gracilaria domingensis* (GDM) nas estações de coleta: **A)** Serra Grande (SG), nos meses de agosto, setembro e novembro de 2010 e **B)** Morro de Pernambuco (MP) nos meses de junho, agosto, setembro e novembro de 2010. O asterisco representa as variações significativa. Utilizando-se o teste Newman-Keuls, ANOVA com $p < 0.05$.

Comparativamente o ágar de *Gracilaria domingensis* apresentou nível de sulfatação muito superior ao do ágar fornecido pela espécie *Gelidiella acerosa*. O teor de sulfato para *Gelidiella acerosa* apresentou variações de 0,5% a 0,6%, enquanto que para o ágar de *Gracilaria domingensis* esses valores foram entre 2,4% a 3,2 % (Figura 20A e B).

Nas comparações feitas entre o teor de sulfato, é válido destacar que este parâmetro possui variações entre as amostras tratadas de *Gracilaria domingensis* nas estações de coleta. Nos meses de agosto e setembro essas amostras, apresentaram valores de sulfato maiores em estação Serra Grande em relação aos valores percentuais encontrados para o Morro de Pernambuco, ocorrendo o inverso no mês de novembro.

O conteúdo de sulfato do ágar proveniente de *Gracilaria domingensis*, apresentou-se 0,02% menor na estação Morro de Pernambuco durante o mês de agosto para amostras *in natura*, enquanto que, as amostras tratadas foram observadas uma redução na sulfatação de 0,24%. Em setembro, as amostras em Serra Grande apresentaram uma redução no teor de sulfato de 0,3% e 0,36% para respectivamente nas amostras de ágar *in natura* e tratadas (Figura 21).

O mês de novembro no Morro de Pernambuco foi o único mês que as amostra de *Gracilaria domingensis* tratada apresentaram os maiores valores de sulfato no ágar comparados com Serra Grande. As amostras de ágar *in natura* durante este mês apresentaram sulfatação de 4,01%, enquanto que as amostras tratadas foram de 3,13% (Figura 21).

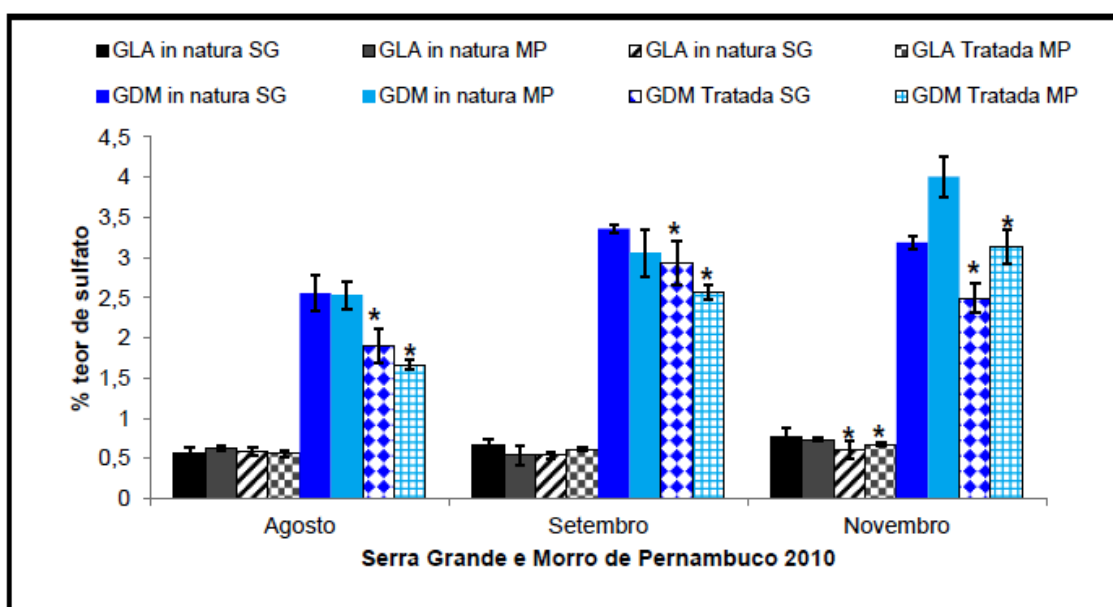


Figura 21- Efeito das diferentes estações de coleta sobre o teor de sulfato no ágar das macroalgas *Gelidiella acerosa* (GLA) e *Gracilaria domingensis* (GDM) em amostras *in natura* (GLA *in nat* e GDM *in nat*) e tratadas (GLA t e GDM t), durante os meses de agosto, setembro e novembro para estação de coleta Serra Grande e Morro de Pernambuco em 2010. O asterisco representa onde houve influência significativa do local. Utilizando-se o teste Newman-Keuls, ANOVA com $p < 0.05$.

Porém, não foi possível observar um padrão nessa variação uma vez que para alguns tratamentos há o aumento e para outros há redução. *Gelidiella acerosa* não apresentou diferenças no teor de sulfato entre os locais coletados.

3.4. DISCUSSÃO

O conteúdo de sulfato e 3,6 anidrogactose estão sujeitos a muitas variações. Tais variações podem ser atribuídas a utilização de diferentes

metodologias, a origem das espécies estudadas e as regiões de coleta do material (Tabela 08).

Tabela 08- Listagem dos resultados encontrados por diferentes autores de teor percentual do ágar, sulfato (SO₄) e 3,6 anidrogactose (3,6 AG) de diferentes espécies das ordens Gelidiales e Gracilariales.

Autor	Espécie	Teor ágar (%)	3,6 AG (%)	SO ₄ (%)
MATUSHIRO & URZÚA (1990)	<i>Gelidium rex</i>	15,70- 36,00	40,00- 45,50	0,50-4,20
ROLEDA <i>et al.</i> (1997a)	<i>Gelidiella acerosa</i>	5,94- 29,80	39,20- 44,20	0,40-2,10
ROLEDA <i>et al.</i> (1997b)	<i>Gelidiella acerosa</i>	27,70- 39,90	41,70- 49,70	1,60-2,20
VILLANUEVA <i>et al.</i> (1999)	<i>Gelidiella acerosa</i>	7,00- 21,00	26,00- 36,00	4,50-6,60
	<i>Gracilaria eucheumoides</i>	20,00- 29,00	26,00- 31,00	3,30-4,30
MOURADI-GIVERNAUD <i>et al.</i> (1999)	<i>Gelidium sesquipedale</i>	40,00- 44,50	40,00- 45,00	1,00-1,60
FREILE-PELEGRÍN & MURANO (2005)	<i>Gracilaria cervicornis</i>	24,0 0- 39,30	37,00	5,30-5,50
	<i>Gracilaria blodgettii</i>	26,20 - 37,00	32,00-40,00	3,00-3,50
	<i>Gracilaria crassissima</i>	13,10 - 30,00	35,00-43,00	1,50-4,30
PRASSAD <i>et al.</i> (2006)	<i>Gelidiella acerosa</i>	8,50 - 40,40	30,00-38,00	1,00-2,60
YOSHIMURA (2006)	<i>Gracilaria domingensis</i>	35,40 - 53,80	3,96-11,39	4,44- 11,37
PRASSAD <i>et al.</i> (2007)	<i>Gelidiella acerosa</i>	19,00 - 29,00	27,00-43,00	1,00-1,70
MEENA <i>et al.</i> (2008)	<i>Gracilaria edulis</i>	11,00 - 25,00	-	1,30- 1,54
	<i>Gracilaria crassa</i>	12,00 - 23,00	-	1,50-3,20
	<i>Gracilaria folifera</i>	12,00 - 22,00	-	3,70-4,70
	<i>Gracilaria corticata</i>	9,50 - 16,00	-	4,20-6,80
MEENA <i>et al.</i> (2010)	<i>Gelidiella acerosa</i>	11,00 - 28,00	32,00-43,00	0,80-1,90
	<i>Gelidium pusillum</i>	9,00 - 19,00	22,00-41,00	0,60-2,90
Este estudo	<i>Gelidiella acerosa</i>	8,66 - 29,36	20,01-35,60	0,50-0,60
	<i>Gracilaria domingensis</i>	31,04 - 44,02	18,80-22,30	2,40-3,20

As amostras do ágar sem tratamento (*in natura*) de *Gelidiella acerosa* extraídas, apresentaram teores de 3,6 anidrogactose menores, enquanto que aquelas tratadas com ácido acético à 0,5%, apresentaram teores mais elevados. Estes resultados corroboram a hipótese dos autores Murano *et al.* (1996) e Roleda *et al.* (1997a), de que o pré-tratamento ácido para essa espécie melhora tanto o rendimento do ágar quanto o teor de 3,6 anidrogactose, repercutindo de forma positiva na sua qualidade.

Foram observadas também variações para o teor de 3,6 anidrogactose entre Serra Grande e o Morro de Pernambuco entre os meses coletados par ambas, podendo essa variação estar relacionada a fatores como sazonalidade, fenologia, ao tipo de tratamento empregado para cada espécie, além de fatores físicos-químicos da água como salinidade, pH e temperatura.

Roleda *et al.* (1997b) verificaram em um trabalho nas Filipinas, que os conteúdos de sulfato e 3,6 anidrogactose variaram entre 1,6% e 2,2% e entre 40% e 49% respectivamente. A oscilação desses valores foi ocasionada pela fase do ciclo de vida em que se encontravam os exemplares coletados de *Gelidiella acerosa*. Por outro lado, em Roleda *et al.* (1997a), os autores apresentaram valores de sulfato variando entre 0,4% e 2,1% e de 3,6 anidrogactose variando entre 39% e 44% sendo esses resultados muito

superiores aos presentes na literatura. Os autores atribuíram esses valores tão altos, a eficácia do método extrativo utilizado.

O estudo desenvolvido por Villanueva *et al.* (1999) para *Gelidiella acerosa* nas Filipinas, apresentaram de forma distinta, teores de sulfato variando entre 4,5 e 6.6% e teores de 3,6 anidrogactose variando entre 26 e 36%. De acordo com os resultados encontrados por estes autores, os teores de sulfato e 3,6 anidrogactose sofrem variações de acordo com a sazonalidade, apresentando altos teores de 3,6 anidrogactose no verão, no qual os meses são mais chuvosos.

O tratamento não interferiu no teor de sulfato das amostras do ágar de *Gelidiella acerosa* do presente estudo. Esse fato deve-se ao ágar dessa espécie já apresentar baixo nível de sulfatação, por isso o tratamento torna-se incapaz de reduzir ainda mais esse teor, o qual é comercialmente considerado promissor.

O teor de sulfato também não apresentou distinção entre os costões rochosos coletados. O fato de não existir variações entre *Gelidiella acerosa* e as localidades, pode-se indicar que para o teor de SO₄, essas diferenças não são produtos da relação com o local, mas sim com tratamentos ou da espécie.

Os parâmetros estabelecidos pelo mercado internacional de ficolóides comparados com os resultados encontrados no presente estudo classifica o ágar de *Gelidiella acerosa* como de alta qualidade, enquadrando-se perfeitamente aos pré-requisitos estabelecidos para sua utilização em diversos setores industriais como alimentício, que não necessita de um ágar que possua forte habilidade gelficante, até os mais exigentes como o farmacêutico e o bacteriológico (ROLEDA *et al.*, 1997 a; ROLEDA *et al.*, 1997b; VILLANUEVA *et al.*, 1999; PRASSAD *et al.*, 2006; GANESAN *et al.*, 2008; MEENA *et al.*, 2010).

Segundo Meena *et al.* (2010) o ágar de *Gelidiella acerosa* possui alta pureza e as suas propriedades físico-químicas dependem de diversos fatores, como por exemplo ambientais, fisiológicos bem como os procedimentos extrativos. Prasad *et al.* (2006), observou que os locais de coleta e a sazonalidade também influenciam na variação desses teores e sugere que trabalhos que abordem assuntos como bioprospecção dessas espécies, servirão como base para o entendimento do comportamento fisiológico e como o ágar se comporta qualitativamente frente a essa situação.

A sulfatação do ágar de *Gracilaria domingensis* apresentou valores entre 2,4% e 3,2%, foi considerada bastante elevada quando comparados com o teor de sulfato encontrado em *Gelidiella acerosa*, que apresentou valores entre 0,5% e 0,7%. De acordo com Armisén (1995), esses valores para teor de sulfato mantiveram-se dentro do que é descrito para o ágar de *Gracilaria spp.* na literatura, menores do que 10%. O alto teor percentual de sulfato faz com que a gelificação do ágar de *Gracilaria* não seja eficiente diminuindo a consistência do gel.

O ágar de *Gracilaria domingensis* apresentou teor de 3,6 anidrogactose variando entre 18,80% e 22,30%, o que é considerado acima do que é descrito na literatura para esta espécie. Yoshimura (2006) observou teor de 3,6 anidrogactose de 4% a 11% para a mesma espécie.

Segundo Yoshimura (2006), os teores de 3,6 anidrogactose comercialmente aceitos estão acima de 15%, os altos valores para o teor de 3,6 anidrogactose verificados no presente estudo torna a utilização do ágar fornecido pela *Gracilaria domingensis* local viável industrialmente. Contudo, o ágar desta espécie, apresenta também alta sulfatação tornando-o desinteressante comercialmente.

Murano *et al.* (1996) afirmam que o ágar da espécie *Gracilaria mamillaris* apresentou-se com fraca força de gel. Os autores atribuíram tal constatação a presença de esteres de sulfato instáveis localizados na estrutura química do ficolóide. Os mesmos autores descrevem que o ágar isolado de *Gelidiella acerosa*, possui excelente propriedade de gelificação, atribuindo este comportamento a estrutura química regular das cadeias do polissacarídeo. E como conclusão, indicam esta espécie como um potencial recurso econômico para a Venezuela. Neste mesmo estudo a comparação estabelecida entre *G.acerosa* e *G.mamillaris*, a primeira espécie destaca-se pela extração do ágar mostrando alta força do gel.

Yoshimura (2006), explica que o tratamento alcalino age promovendo a substituições nucleofílicas promovendo a transformação da unidade α -L-gactose-6-sulfato do ágar na unidade 3,6-anidro- α -D-gactose. Esse mecanismo faz com que o gel adquira maior consistência ao diminuir os grupos SO_4 da α -L-gactose-6-sulfato. Contudo, não foram observadas no presente trabalho diferenças acentuadas entre os teores de sulfato e 3,6 anidrogactose

nas amostras tratadas e não tratadas para *Gracilaria domingensis*. Esse resultado evidencia que outras análises são necessárias para avaliar qualitativamente de forma mais precisa o ágar dessa espécie.

Dessa forma, o gel formado pela macroalga *Gelidiella acerosa* apresenta alta capacidade de gelificação com altos teores de 3,6 anidrogalactose e valores muito baixos de sulfato mesmo apresentando menor teor de ágar (quantidade) quando comparado com *Gracilaria domingensis*. Observando-se as características físico-químicas provenientes do ágar de *Gelidiella acerosa*, foi possível perceber o grande potencial da agarófita no mercado internacional de gomas (Figura 22).



Figura 22- Aspecto do ágar extraído de *Gelidiella acerosa*: **A-** Representa amostras de ágar *in natura* e **B-** Amostras de ágar com pré-tratamento ácido acético 0,5%.

O tratamento dessulfata de forma eficiente o ágar de *Gracilaria domingensis*, mas essa redução no teor de SO_4 não é refletida na qualidade do gel dessa espécie, mesmo apresentando bons teores de 3,6 anidrogalactose em relação aos trabalhos presentes na literatura, o teor de sulfato para esta espécie ainda foi considerado alto baseado nos critérios exigidos pela indústria de ficoloides (MURANO *et al.*, 1996; VILLANUEVA *et al.*, 1999; YOSHIMURA, 2006; MEENA *et al.*, 2008).

As duas espécies necessitam de outros estudos a cerca das metodologias extrativas, de modo que novos protocolos mais eficientes sejam desenvolvidos, otimizando os teores de sulfato e 3,6 anidrogalactose especificamente para as espécies do litoral sul baiano, pois já foi citado em

literatura que a localização geográfica influencia diretamente nos resultados mesmo tratando-se de uma mesma espécie.

No que se refere a *Gelidiella acerosa* os investimentos em novos estudos merecem atenção especial, já que se trata de uma espécie que demonstrou potencial em qualidade de gel para ser explorada comercialmente. Esse cenário modifica-se completamente quando se faz referência a espécie *Gracilaria domingensis* pois essa espécie, já constitui um recurso econômico no nordeste do Brasil (VIDOTTI & ROLLEMBERG,2004).

3.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados encontrados confirmam que o ficocoloide produzido pela agarófita *Gelidiella acerosa* possui alta qualidade comparado com o ágar da espécie *Gracilaria domingensis*.

O ágar de *G. acerosa* apresentou elevado teor de 3,6 anidrogactose e baixíssimos teores de sulfato, tais características mostraram-se promissoras para o mercado internacional. O pré-tratamento ácido constituiu uma inovação nas técnicas extrativas frente a tradicional hidrólise alcalina, com Hidróxido de Sódio e observou-se de fato um aumento qualidade do ágar desta espécie.

A extração *Gracilaria domingensis* com Cloreto de Cálcio proporcionou uma redução significativa no teor de sulfato, porém a redução deste teor não foi repassada para o aumento do teor de 3,6 anidrogactose (qualidade). O elevado teor de sulfatação do ágar produzido por *Gracilaria domingensis* sugere o seu uso apenas em setores industriais que não necessitam de géis com forte capacidade gelificante, como o alimentício.

As macroalgas desenvolveram uma grande variedade de mecanismos para aclimação às frequentes mudanças impostas pelo ambiente marinho. Todas estas intemperes influenciam diretamente na qualidade do ficocoloide produzido por elas. Ainda existem poucos estudos a cerca da interferência de fatores externos na produção de ficocoloides. Por isso, são necessários estudos ecofisiológicos anuais mais aprofundados, que abordem alguns aspectos como: sazonalidade, histórico de vida, salinidade, dessecação, intensidade de luz, taxa de crescimento (TCR) e recobrimento das espécies, pois tais fatores constituem a etapa inicial na identificação do potencial para exploração das espécies, além de influenciar na qualidade do ficocoloide

produzido. O investimento nesse tipo de pesquisa será de primordial importância principalmente para que *Gelidiella acerosa* ganhe visibilidade como um recurso economicamente competitivo e promissor para no sul da Bahia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARMISÉN, R., GÁLATAS, F., 1987. Production, properties and uses of agar. In: MCHUGH, D.J. (Ed.), Production and Utilization of Products from Commercial Seaweed. FAO Fish Technical Papers. FAO, pp. 228–240.

ARMISÉN, R. 1995. World-wide use and importance of *Gracilaria*. *J. Appl. Phycol.* 7: 231-243.

ASARE, S.O. 1980. Seasonal changes in sulphate and 3,6-anhydrogalactose content of phycocoloids from two red algae. *Botanica Marina.* 23: 595-598.

BORAL, S.; BOHIDAR, H.B. 2009. Hierarchical structures in agar hydrogels. *Polymer*, 50: 5585-5588.

BÉNECH, A. P. R.; MARKETING MANAGER; WOLFF, A. L. GmbH. Agar-Agar Paramount gelling properties and natural source of seaweed fibres. *Wellness Foods Europe*, june-july 2008.

DODGSON, K. S. & PRICE, R. G. 1962. A note on the determination of the ester sulphate content of sulphated polysaccharides. *Biochem. J.* 84: 106-110.

FREILE-PELEGRÍN, Y. & MURANO, E. 2005. Agars from three species of *Gracilaria* (Rhodophyta) from Yucatán Peninsula. *Bioresource Technology* 96: 295-302.

GANESAN, M; CHENNUR, R. K. R.; KARUPPANAN, E.; JHA, B. 2008. Seasonal variation in the biomass, quantity and quality of agar from *Gelidiella acerosa* (Forsskal) Feldmann et. Hamel (Gelidiales, Rhodophyta) from the Gulf of Mannar Marine Biosphere Reserve, India. *Phycological Research*, 56: 93 – 104.

HAYASHI, L. Extração, teor e propriedades de carragenana de *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty ex. P. Silva, em cultivo experimental em Ubatuba, SP. 2001. Dissertação (Mestrado em Botânica). Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Universidade de São Paulo. 83pp.

LAHAYE, M.; ROCHAS, C. 1991. Chemical structure and physico-chemical properties of agar. *Hydrobiologia*, 221: 137-148.

LAHAYE, M. 2001. Developments on gelling algal galactans, their structure and physico-chemistry. *J Appl Phycol* 13: 173-184.

MARINHO-SORIANO, E; BOURRET, E. 2003. Effects of season on the yield and quality of agar from *Gracilaria* species (Gracilariaceae, Rhodophyta). *Bioresource Technology*, 90: 329-333.

MATHIESON, A.; PENNIMAN, C. E.; TVETER-GALLAGHER, E. 1984. Phycocolloid ecology of underutilized economic red algae. *Hydrobiologia*, 116/117, 542-546.

MATUSHIRO, B.; URZÚA, C. C.; 1990. Agars from *Gracilaria chilensis* (Gracilariales). *Journal of Applied Phycology* 2: 273-279.

MATSUHIRO, B. 1995. Aislamiento y caracterización de ficocoloides. In: ALVEAL, K.; FERRARIO, M. E.; OLIVEIRA, E. C. & SAR, E. (eds). Manual de métodos ficológicos. Universidad de Concepción. Concepción, Chile. 657-689pp.

MCHUGH, D. J. 2003. A guide to seaweed industry. FAO Fisheries Technical Paper nº 441. Rome. 105p.

MEENA, R.; PRASSAD, K.; GANESAN, M.; SIDDHANTA, A. K. 2008. Superior quality agar from *Gracilaria* species (Gracilariales, Rhodophyta) collected from the Gulf of Mannar, India. *J. Appl Phycol* 20: 397-402.

MEENA, R.; PRASSAD, K.; SIDDHANTA, A.K. 2010. Preparation of superior quality products from two Indian agarophytes. *J. Appl. Phycol.* 22: 115-120.

MOURADI-GIVERNAUD, A.; HASSANI, L. A.; GIVERNAUD, T.; LEMOINE, Y.; BENHARBET, O. 1999. Biology and agar composition of *Gelidium sesquipedale* harvested along the Atlantic coast of Morocco. *Hydrobiologia*, 398/399: 391-395.

MURANO, E. 1995. Chemical structure and quality of agars from *Gracilaria*. *J. Appl. Phycol.*, Dordrecht, 7: 245-254.

MURANO, E.; TOFFANIN, R.; PEDERSINI, C.; CARABOT-CUERVO, A.; BLUNDEN, G.; RIZZO, R. 1996. Structure and properties of agar from two unexploited agarophytes from Venezuela. *Hydrobiologia* 326/327: 497 – 500.

PRASSAD, K.; GOSWAMI, A. M.; MEENA, R.; RAMAVAT, B.K.; GHOSH, P. K.; SIDDHANTA, A.K. 2006. Superior quality agar from red alga *Gelidiella acerosa* (Rhodophyta, Gelidiales) from Gujarat coast of India: An evaluation. *Indian Journal of Marine Science* 35 (3): 268-274.

PRASAD, K.; SIDDHANTA, A. K.; GANESAN, M.; RAMAVAT, B. K.; JHA, B.; GHOSH, P. K. 2007. Agars of *Gelidiella acerosa* of west and southeast coasts of India. *Bioresource Technology*, 98 : 1907 – 1915.

REBELLO, J.; OHNO, M.; UKEDA, H.; SAWAMURA, M. 1997. Agar quality of commercial agarophytes from different geographical origins: 1. Physical and rheological properties. *Journal of Applied Phycology*

ROLEDA, M. Y.; MONTAÑO, N. E.; GANZON-FORTES, E. T.; VILLANUEVA, R. D. 1997a. Acetic Acid Pretreatment in Agar Extraction of Philippine *Gelidiella acerosa* (Forsskaal) Feldmann et Hamel (Rhodophyta, Gelidiales).

ROLEDA, M. Y.; GANZON-FORTES; MONTAÑO, N. E. 1997b. Agar from Vegetative and Tetrasporic *Gelidiella acerosa* (Gelidiales, Rhodophyta). *Botanica Marina* 40: 501-506.

VIDOTTI, E. C.; ROLLEMBERG, M. C. E. 2004. Algas: da economia nos ambientes aquáticos a biorremediação e a química analítica. *Química Nova*. 27(1): 139-145.

VILLANUEVA, R. D.; MONTAÑO, N. E.; ROMERO, J. B.; ALIGANGA, A. K. A. & ENRIQUEZ, E. P. 1999. Seasonal variation in the yield, gelling properties and chemical composition of agars from *Gracilaria euchemoides* and *Gelidiella acerosa* (Rhodophyta) from Philippines. *Botanica Marina*. 42: 175-182.

YOSHIMURA, C.Y. Avaliação do potencial de cultivo e produção de ágar de *Gracilaria domingensis* e de *Gracilaria caudata* (Rhodophyta, Gracilariales) na enseada da Armação Itapocoroy (Penha, Santa Catarina). 2006. Tese (Doutorado em Botânica). Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Universidade de São Paulo 163pp.

CONCLUSÃO GERAL

Os resultados disponibilizaram uma análise inicial quali-quantitativa do potencial para extração do ágar das espécies *Gelidiella acerosa* e *Gracilaria domingensis*, a partir dos bancos naturais localizados nos municípios de Ilhéus e Uruçuca no litoral sul baiano.

Este trabalho efetuou uma extensa revisão bibliográfica a cerca dos protocolos propostos para ambas espécies, realizando as adaptações necessárias de acordo com a característica de cada espécie e a região estudada. O resultado foi um protocolo específico, que forneceu altos rendimentos, alta rentabilidade e baixos custos.

O ágar de *Gelidiella acerosa* possui alta qualidade com ou sem tratamento independente de apresentar um rendimento menor. Apesar do tratamento de *Gracilaria domingensis* ter sido diferente é um protocolo descrito especificamente para espécie. No entanto, futuras extrações com as mesmas metodologias são recomendadas para verificar a real qualidade do ágar de tanto da espécie *Gelidiella acerosa* quanto da espécie *Gracilaria domingensis*. Uma vez que, as diferenças observadas entre *Gelidiella* e *Gracilaria* podem ser devido ao uso de metodologias de extrações diferentes.

Do ponto de vista biotecnológico, *Gelidiella acerosa* pode representar um importante ganho econômico para região do sul da Bahia, pois através do presente estudo foi considerada uma fonte de ágar com alta qualidade, a qual tem potencial para de forma alternativa gerar renda para as comunidades pesqueiras locais.

O presente trabalho é pioneiro para o litoral sul baiano e deve servir como alicerce em uma série de outros estudos para o Estado da Bahia, no qual o conhecimento sobre o potencial comercial dos recursos macroalgais ainda é considerada insipiente. Portanto, sugere-se que estudos futuros sejam realizados com abordagens voltadas para avaliações criteriosas dos bancos naturais de *Gelidiella acerosa*, do potencial de cultivo em escala comercial dessa macroalga e da viabilidade da região no que diz respeito a fatores ambientais na implantação de cultivos ou ainda em estudos sobre o manejo evitando a sobrexploração dos bancos naturais tornando esse recurso finito.