



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOQUÍMICA:
PETRÓLEO E MEIO AMBIENTE – POSPETRO**

IASMIM DE DEUS GARGUR LEAL

**DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL DA MATÉRIA ORGÂNICA
DEPOSITADA NO LIMITE DE OCORRÊNCIA DOS MANGUEZAIS
NA COSTA OESTE DO ATLÂNTICO SUL**

Salvador

2020

IASMIM DE DEUS GARGUR LEAL

**DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL DA MATÉRIA ORGÂNICA
DEPOSITADA NO LIMITE DE OCORRÊNCIA DOS MANGUEZAIS
NA COSTA OESTE DO ATLÂNTICO SUL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geoquímica: Petróleo e Meio Ambiente – Pospetro, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Geoquímica do Petróleo e Ambiental.

Orientadora: Profa. Dra. Ana Cecília Rizzatti de Albergaria Barbosa

Coorientador: Prof. Dr. Marlon Carlos França

Salvador
2020

G231 Gargur-Leal, Iasmim de Deus

Distribuição temporal da matéria orgânica depositada no
limite de ocorrência de manguezal na costa oeste do Atlântico sul/
Iasmim de Deus Gargur-Leal – Salvador, 2021.

57 f.

Orientadora: Prof^a. Dr^a Ana Cecília Rizzatti de Albergaria-
Barbosa

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Bahia.
Instituto de Geociências, 2021.

1. Geoquímica. 2. Meio Ambiente. 3. Mangue. 4.
Oceanografia . I. Albergaria-Barbosa, Ana Cecília Rizzatti de. II.
Universidade Federal da Bahia. III. Título.

CDU 550.4

Iasmim de Deus Gargur Leal

**DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL DA MATÉRIA ORGÂNICA DEPOSITADA NO
LIMITE DE OCORRÊNCIA DE MANGUEZAL NA COSTA OESTE DO OCEANO
ATLÂNTICO SUL (SANTA CATARINA, BRASIL)**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Geoquímica do Petróleo e Ambiental, do Programa de Pós-Graduação em Geoquímica: Petróleo e Meio Ambiente (Pospetro), do Instituto de Geociências (IGEO) da Universidade Federal da Bahia (UFBA).

Salvador, 05 de novembro de 2020.

Banca Examinadora

Ana Cecília Rizzatti de Albergaria Barbosa (Orientadora) _____
Doutorado em Oceanográfica Química e Geológica pelo Instituto Oceanográfico - USP, Brasil
Universidade Federal da Bahia (UFBA)

Marlon Carlos França (Co-orientador) _____
Doutorado em Geologia e Geoquímica pela Universidade Federal do Pará, Brasil
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (IFES)

Tatiane Combi _____
Doutorado em Environmental Sciences pelo Università di Bologna, Itália
Universidade Federal da Bahia (UFBA)

Cesar de Castro Martins _____
Doutor em Oceanografia Química e Geológica pela Universidade de São Paulo, Brasil
Universidade Federal do Paraná (UFPR)



Emitido em 06/11/2020

PARECER N° Folha de Aprovação/2020 - POSPETRO-GEO (12.01.14.05)
(N° do Documento: 3596)

(N° do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)

(Assinado eletronicamente em 26/01/2021 01:25) *(Assinado eletronicamente em 26/01/2021 15:13)*

ANA CECILIA RIZZATTI DE ALBERGARIA
BARBOSA

PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR

2134515

TATIANE COMBI

PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR

3055474

Para verificar a autenticidade deste documento entre em <https://sipac.ufba.br/documentos/> informando seu número: **3596**, ano: **2020**, tipo: **PARECER**, data de emissão: **25/01/2021** e o código de verificação: **362a071164**

“Não é o que o mundo reserva para você, mas o que você traz para o mundo.”

Anne with an ‘E’

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente à minha orientadora, professora doutora Ana Cecília Rizzatti de Albergaria Barbosa, que me acompanha, me incentiva e me abriu as portas para diversas possibilidades! E ao meu coorientador, o professor doutor Marlon Carlos França, por ter disponibilizado as amostras analisadas e, principalmente, por ter visto um potencial trabalho de mestrado e incentivado para que isso fosse levado adiante. Muito obrigada.

Meu MUITO OBRIGADA à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa que me foi concedida durante todo o período do mestrado, em especial, pela prorrogação durante a pandemia do COVID-19, a qual trouxe diversos obstáculos ao desenvolvimento das pesquisas em todo o mundo. Também gostaria de agradecer ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) que foi a principal financiadora deste projeto (Projeto nº 445111/2014-3) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) por financiar os equipamentos usados na extração, purificação e quantificação dos compostos (Projeto nº CNV0005/2013; Projeto nº CNV0025/2013). Esses órgãos são fundamentais para o futuro da pesquisa na Bahia e em todo o Brasil.

Agradeço também a todos pesquisadores e técnicos do Laboratório de Geoquímica Marinha da Universidade Federal da Bahia (GeoqMar – UFBA) e do Laboratório de Estudos do Petróleo (LEPETRO), bem como a todos do Programa de Pós-Graduação em Geoquímica: Petróleo e Meio Ambiente (POSPETRO) do qual faço parte. Gratidão ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo (CENA-USP), por ter cedido as amostras e por ter realizado seus tratamentos para datação, ao Laboratório de Radiocarbono da Universidade Federal Fluminense (LACUFF) pelo processo de grafitização, ao Centro de Estudos Aplicados a Isótopos da Universidade da Georgia (UGAMS) pela datação, ao Grupo de Sedimentologia e Dinâmica Ambiental da Universidade Federal do Pará (UFPA) e Laboratório de Dinâmica Costeira da UFPA pelas análises granulométricas, de carbono orgânico total e nitrogênio total.

Aos meus pais, família e amigos, pelo apoio constante e essencial.
Eu amo muito vocês!

RESUMO

Tendo em vista as funções ecológicas desempenhadas pelos manguezais, sua importância social e econômica e a dependência de fatores oceanográficas/climáticas e de atividades humanas, torna-se essencial ter uma maior compreensão das transformações ocorridas em regiões limítrofes de ocorrência de manguezal. Para avaliar o comportamento da matéria orgânica (MO) depositada utiliza-se marcadores orgânicos moleculares, como os *n*-alcanos. Esses compostos são hidrocarbonetos alifáticos saturados de cadeia linear produzidos principalmente por produtores primários, como a vegetação superior e o fitoplâncton. Assim, a presente dissertação tem como objetivo avaliar, através da determinação de *n*-alcanos em testemunhos sedimentares, as mudanças temporais na deposição da matéria orgânica no limite sul de ocorrência dos manguezais da costa oeste do Atlântico Sul. Para isso, dois testemunhos sedimentares foram coletados na lagoa de Santo Antônio (LSA, Santa Catarina – Brasil). Os dados de datação por ¹⁴C, granulometria, de carbono orgânico total (COT) e de nitrogênio total (NT) estão publicados. As determinações de *n*-alcanos ocorreram a cada 5 cm dos testemunhos coletados, usando-se um cromatógrafo a Gás acoplado a um Detector de Ionização de Chamas (GC-DIC). As concentrações de COT, NT e *n*-Alcanos Totais variaram de 0,15 a 3,79%, 0,02 a 0,22%, 520 a 14.107 µg g⁻¹ e de 292 a 17.757 µg g⁻¹ em peso seco, respectivamente. Os menores valores foram encontrados na base dos testemunhos e os maiores no topo. As razões diagnósticas aplicadas as concentrações dos *n*-alcanos identificou o domínio no aporte de MO por macrófitas e vegetação do tipo C₃ nas amostras mais antigas e nas amostras mais recentes o domínio da vegetação de manguezal, plantas superiores do tipo C₄ na MO presente na região. Sendo o clima, as atividades humanas e a hidrodinâmica da região os principais responsáveis pelos resultados encontrados.

Palavras-chaves: Manguezal, *n*-alcanos, GC-FID, COT, NT, testemunho sedimentar, lagoa de Santo Antônio.

ABSTRACT

Considering the ecological functions performed by mangroves, their social and economic importance and the dependence on oceanographic/climatic factors and human activities, it is essential to have a greater understanding of the transformations that took place in bordering regions. This assessment can be done by analyzing the behavior of organic matter (OM) deposited in mangroves through the determination of organic molecular markers, as *n*-alkanes. These are saturated aliphatic hydrocarbons produced mainly by primary producers, such as higher plants and phytoplankton. The objective of this thesis is to evaluate, through the analysis of *n*-alkanes in sedimentary cores, the temporal changes in the deposition of organic matter in the southern limit of occurrence of mangroves on the west coast of the South Atlantic. Two sedimentary cores were collected in the Santo Antônio lagoon (LSA, Santa Catarina – Brazil). Data for ¹⁴C dating, particle size, total organic carbon (TOC) and total nitrogen (NT) are published. The analysis of *n*-alkanes occurred every 5 cm from collected cores, using a Gas Chromatography coupled with a Flame Ionization Detector (GC-FID). The concentrations of COT, NT and total *n*-alkanes ranged from 0.15 to 3.79%, 0.02 to 0.22%, 520 to 14,107 µg g⁻¹ and from 292 to 17,757 µg g⁻¹ in dry weight, respectively. The lowest values of them were found at the base of the testimonies and the highest at the top. The diagnostic reasons applied to the concentrations of *n*-alkanes identified the domain in the supply of OM by macrophytes and vegetation of type C3 in the oldest samples and in the most recent samples, the domain of mangrove vegetation, superior plants of type C4 in the OM present in the region. The climate, human activities and hydrodynamics of the region being the main responsible for the results found.

Keywords: Mangrove, *n*-alkanes, GC-FID, TOC, TN, sedimentary core, Santo Antônio lagoon.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS	13
2.1	GERAL	13
2.2	ESPECÍFICOS	13
3	MATERIAIS E MÉTODOS	14
4	DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL DA MATÉRIA ORGÂNICA DEPOSITADA NO LIMITE DE OCORRÊNCIA DE MANGUEZAL NA COSTA OESTE DO ATLÂNTICO SUL	17
4.1	INTRODUÇÃO	18
4.2	ÁREA DE ESTUDO	20
4.3	MATERIAIS E MÉTODOS	22
4.3.1	Datação por ^{14}C	22
4.3.2	Análise granulométrica	22
4.3.3	Teor de carbono orgânico total, nitrogênio total	23
4.3.4	Determinação dos <i>n</i> -alcanos	23
4.3.4.1	<i>Razões diagnosticas para n-alcanos</i>	24
4.3.3	Tratamento de dados	24
4.4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	25
4.4.1	Datação por ^{14}C e taxa de sedimentação	25
4.4.2	Distribuição das frações granulométricas	26
4.4.3	Carbono orgânico total e nitrogênio total	28
4.4.4	Distribuição e fontes dos <i>n</i> -alcanos	30
4.4.5	Variação temporal das fontes de matéria orgânica por <i>n</i> -alcanos	34
4.5	CONCLUSÃO	38
4.6	AGRADECIMENTOS	38
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	40
	REFERÊNCIAS	41
	APÊNDICE A	51
	MATERIAL SUPLEMENTAR	56

1 INTRODUÇÃO

Os manguezais são ecossistemas localizados em zonas de transição entre os oceanos e os continentes de regiões tropicais/subtropicais (CUNHA-LIGNON et al., 2009). Sua ocorrência se dá entre 30° N e 30° S abrangendo, aproximadamente, 160.000 km² do globo terrestre (FONSECA; DRUMMOND, 2003).

Esses ecossistemas são uma das áreas mais produtivas do mundo (DUARTE et al., 2008; NAIDOO, 2002; PARIDA; DAS; MITTRA, 2004), servindo como região de reprodução e nutrição para diversas espécies (HOGARTH, 2015; MUMBY et al., 2003). Eles também cumprem um papel essencial na proteção das linhas de costa e são capazes de prover recursos naturais utilizados pelo homem (HOGARTH, 2015; LOVELOCK; ELLISON, 2007; MUMBY et al., 2003). Baseando-se na sua diversidade, esses ecossistemas fornecem anualmente cerca de US\$ 1,6 bilhões em serviços ecossistêmicos e de suporte aos meios de subsistência costeira do mundo (POLIDORO et al., 2010). Além disso, os manguezais têm grande capacidade de sequestro de carbono, sendo este até quatro vezes maior que em florestas tropicais continentais (DONATO et al., 2011). Estima-se que seus sedimentos armazenem cerca de 174 g m⁻² ano⁻¹ de carbono (DUARTE et al., 2008), mostrando a importância desses ecossistemas como sumidouros de matéria orgânica (MO; ALONGI, 2008). Assim, os manguezais apresentam importante papel no ciclo global do carbono (ALONGI, 2012).

A vegetação do manguezal é adaptada a circunstâncias ambientais características, como a alta variação de salinidade, condições anaeróbicas e solos alagados (ALONGI, 2009; HOGARTH, 2015). Fatores locais/regionais, como as atividades antrópicas; e globais, como características oceanográficas e climáticas; controlam a ocorrência e o desenvolvimento desses ecossistemas (SOARES et al., 2012; TWILLEY; RIVERA-MONROY, 2014). Neste contexto, têm-se aumentado os estudos científicos e, aos poucos, a construção de uma base para o manejo sustentável dos manguezais, a fim de compreender suas respostas frente às diferentes pressões (HOEGH-GULDBERG, 1999; LINARES et al., 2007; PARMESAN, 2006; PEÑUELAS; FILELLA, 2002; WALTHER et al., 2002). Pensando na importância das funções ecológicas desempenhada pelos manguezais sob diversos aspectos, social e econômico, é importante entender como

ocorrem as transformações desses ecossistemas. Para melhor contextualização do local e marcador orgânico utilizado uma breve revisão encontra-se no apêndice A.

2 OBJETIVOS

A seguir serão descritas os objetivos do trabalho.

2.1 GERAL

Compreender como ocorreu a exportação de matéria orgânica ao longo do tempo para região limite de ocorrência de manguezal no Oeste do Atlântico Sul, através da determinação de *n*-alcanos em testemunhos coletados na Lagoa de Santo Antônio (SC – Brasil).

2.2 ESPECÍFICOS

- Verificar as variações nas concentrações dos *n*-alcanos ao longo do testemunho avaliado;
- Identificar as possíveis fontes de *n*-alcanos para a região de estudo através da aplicação das razões diagnósticas;
- Correlacionar os dados de granulometria, carbono orgânico total, nitrogênio total com perfil dos *n*-alcanos;
- Avaliar quais principais processos naturais e antrópicos são responsáveis pelas mudanças na quantidade e qualidade da matéria orgânica depositada ao longo do tempo.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para realização do presente estudo, foram coletados dois testemunhos sedimentares na Lagoa de Santo Antônio (SC, Brasil). Estes foram fatiados e algumas amostras foram enviadas para o Centro de Estudos Aplicados a Isótopos da Universidade da Georgia (UGAMS) e datados pelo método de ^{14}C por Espectrometria de Aceleração de Massa (AMS). Através da datação, calculou-se a taxa de sedimentação do testemunho. O pré-tratamento das amostras para quantificar o carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) foi realizado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA). A pesagem foi feita em uma balança analítica e, posteriormente, as amostras foram enviadas para o Laboratório de Isótopos Estáveis (CENA/USP), a fim obter os valores do COT e NT através de Espectrômetro de Massas ANCA SL 2020, da *Europe Scientific* que contém um analisador acoplado.

As distribuições das frações granulométricas foram analisadas pelo Grupo de Sedimentologia e Dinâmica Ambiental da Universidade Federal do Pará (UFPA). O tamanho dos grãos foi determinado em um analisador por difração a laser (SHIMADZU SALD 2101) do Laboratório de Dinâmica Costeira da UFPA e a classificação do tamanho dos grãos baseou-se na distribuição Wentworth (1922). Os dados de datação com ^{14}C , COT, NT e distribuição granulométrica dos testemunhos LAG 4 e LAG 5 foram apresentados e detalhados em Soares (2018) e no artigo de Cohen et al. (2020).

As análises dos *n*-alcanos foram realizadas no Laboratório de Geoquímica Marinha da Universidade Federal da Bahia, em colaboração com o Laboratório de Estudos do Petróleo, da mesma Universidade. O método usado nesta análise foi aquele descrito por Guimarães et al. (2019). Todo material usado era descontaminado para procedimentos de determinação de compostos orgânicos em concentrações traço. As vidrarias não volumétricas eram calcinadas por 4 h em mufla a 400 °C. As vidrarias volumétricas e os demais materiais que não puderam ser calcinados eram descontaminados com solventes orgânicos (*n*-hexano – HEX; diclorometano – DCM). Os solventes usados eram grau resíduo ou grau HPLC da marca Honeywell.

A sílica (SiO_2 – sílica gel 60 x 0,063 x 0,200 mm, Merck) e o sulfato de sódio (Na_2SO_4 , 98 % pureza mínima, Synth) foram calcinados a 400 °C por 4 h em mufla para eliminação de possíveis interferentes orgânicos. O cobre usado na eliminação de

interferência causada pelo enxofre foi tratado com ácido clorídrico (HCl, 2 mol L⁻¹), enxaguado com água destilada e emerso em acetona, HEX e em DCM. O padrão de *n*-alcanos (*n*-C₈ a *n*-C₄₀) usado na calibração do equipamento e nas fortificações foi da Sigma-Aldrich. O padrão sub-rogado 1-eicoseno usado é da SUPELCO (99,7 a 99,9% de pureza).

A calibração interna do cromatógrafo foi feita através da construção de uma curva analítica obtida a partir da injeção de soluções de padrões externos com sete concentrações distintas (de 5 a 200 ng µL⁻¹). O coeficiente de correlação aceito para essas curvas foi > 0,995. As taxas de recuperação do padrão 1-eicoseno variaram de 59 a 113% (89 ± 16, n=13) nas amostras do testemunho LAG 4. Nas amostras do testemunho LAG 5 a recuperação variou de 74 a 138% (95±16, n=20).

O cálculo do Limite de Detecção do Método (LDM), foi feito a partir de sete replicatas de brancos (10 g de sulfato de sódio calcinado a 400° C por 4 h) fortificados com padrão de *n*-alcanos contendo compostos com 8 a 40 átomos de carbono. Todos passaram pelos mesmos processos de extração e quantificação das amostras de sedimento. O LDM foi calculado multiplicando-se o valor do desvio padrão das concentrações encontradas em cada composto analisado por 3 vezes (WADE; CANTILLO, 1994). Os valores de LDM para *n*-C₂₀ a *n*-C₃₅ variaram de 1,63 a 2,81 mg L⁻¹ e podem ser melhor avaliados na Tabela MS1 presente no material suplementar.

Para identificar a ocorrência de interferências externas aos procedimentos analíticos, foi realizada, a cada 10 amostras de sedimento dos testemunhos, a análise de uma amostra branco, composta por sulfato de sódio calcinado. Nestas amostras, as concentrações encontradas de todos os compostos analisados estiveram abaixo do LDM (Tabela MS2 do material suplementar).

A fim de avaliar a precisão analítica do método, três amostras com maior volume de sedimento (#45 cm e #50 cm do testemunho LAG 4 e #75 cm do testemunho LAG 5) foram analisadas em duplicatas (Tabela MS3 do material suplementar). A diferença percentual relativa (DPR) entre as duplicatas estiveram menor que 15% para todos os compostos analisados, sendo considerado aceitável segundo Sericano (1998).

Ainda para avaliar a precisão e, também, para avaliar a exatidão do método, três brancos fortificados foram analisados. A recuperação dos compostos obtidos variou de 70,5 a 93,6% para todos os compostos (76±5, n=48; Tabela MS4 do material

suplementar), mostrando que o método apresenta exatidão (SERICANO, 1998). O DPR dos compostos variou de 6,8 a 7,9%, mostrando que o método é preciso (SERICANO, 1998).

Os resultados obtidos passaram por tratamento no software Excel. A construção das figuras apresentadas na presente dissertação foi feita no software GraphPad Prim 6. O mapa de localização da área de estudo foi feito no software Qgis Desktop 3.10.2. Os coeficientes de Pearson foram obtidos através do software Biostat 5.3.

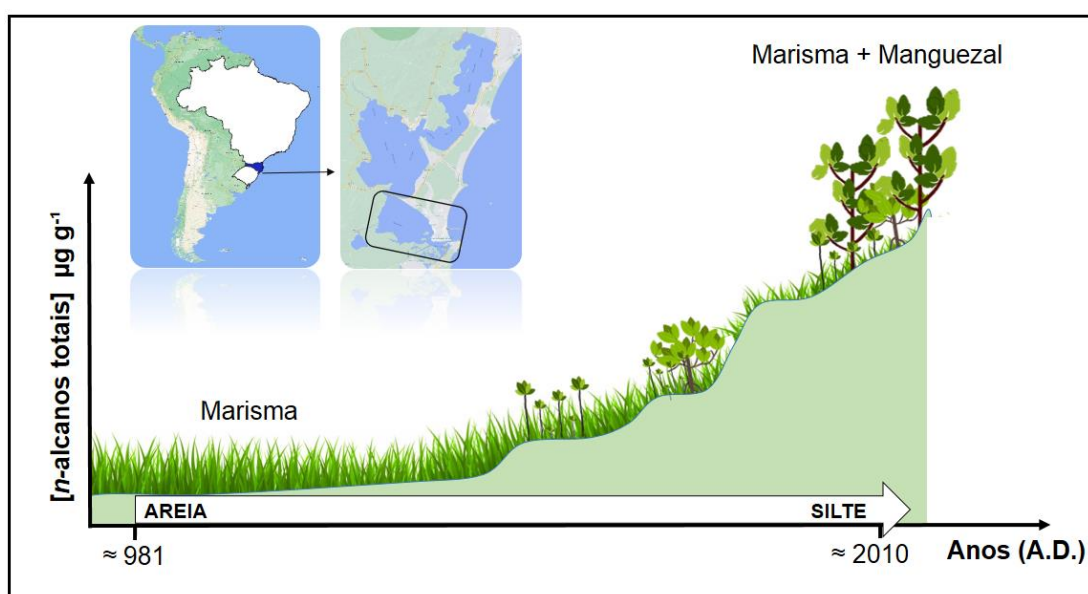
A presente dissertação está apresentada na forma de artigo científico. A formatação geral dessa dissertação segue as normas estabelecidas pela Resolução do Programa de Pós-Graduação em Geoquímica: Petróleo e Meio Ambiente (Pospetro) de nº 01/2012. Os materiais e métodos específicos estão melhor apresentados em seu capítulo correspondente no artigo, próximo capítulo.

4 DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL DA MATÉRIA ORGÂNICA DEPOSITADA NO LIMITE DE OCORRÊNCIA DE MANGUEZAL NA COSTA OESTE DO ATLÂNTICO SUL

DESTAQUES

- Avalia mudanças da matéria orgânica em condições limitantes
- Avalia os fatores que permitiram o estabelecimento dos manguezais em regiões limítrofes
- O manguezal destaca-se diante das outras fontes de matéria orgânica
- A granulometria controla concentrações de matéria orgânica na lagoa de Santo Antônio

RESUMO GRÁFICO



RESUMO

Considerando que o ecossistema manguezal apresenta importantes funções ecológicas, sociais e econômicas à sociedade, é necessário ter uma maior compreensão das suas respostas a esses fatores nas regiões limítrofes. A lagoa de Santo Antônio (LSA, Brasil) é considerada o limite sul da ocorrência de manguezais no Atlântico Oeste. Assim, o objetivo do presente estudo foi avaliar, através da análise de *n*-alcenos, os possíveis fatores que alteraram a deposição de matéria orgânica (MO) para a LSA. Dois testemunhos sedimentares (LAG 4 e LAG 5) foram coletados na área de estudo. Estes foram datados (pela técnica do ^{14}C), também foram avaliados a distribuição granulométrica, o teor de carbono orgânico total (COT) e de nitrogênio total (NT). A

quantificação dos *n*-alcanos ocorreu através de um cromatógrafo a gás equipado com um detector de ionização de chamas (GC-DIC). As médias das idades (em *anno domini*) dos testemunhos LAG 4 e LAG 5 variaram aproximadamente de 1446 (base) até 2003 (topo), e de 981 (base) até 2010 (topo), respectivamente. Houve predomínio de sedimento arenoso na base dos testemunhos, mudando para siltoso até o topo destes. Essa mudança ocorreu em função da redução na hidrodinâmica do local, permitindo a deposição de sedimentos mais finos. Assim como o COT e o NT, as maiores concentrações de *n*-alcanos foram encontradas nos períodos mais recentes. Através da aplicação de razões diagnósticas, observou-se uma mudança do predomínio de MO proveniente de plantas com padrão fotossintético do tipo C₄/mata ciliar para plantas cujo padrão fotossintético é do tipo C₃/vegetação superior de mangue. A redução da hidrodinâmica local atuando sob a granulometria, o processo de colonização das espécies, o desenvolvimento da vegetação, o processo de construção do porto e a urbanização foram fatores importantes nas variações das fontes de MO para região.

Palavras-chave: *n*-alcanos, GC-FID, testemunho sedimentar, lagoa de Santo Antônio.

4.1 INTRODUÇÃO

Alguns estudos têm mostrado como as mudanças climáticas afetam a biota (HOEGH-GULDBERG, 1999; MENDONÇA, 2006; PARMESAN, 2006; PEÑUELAS; FILELLA, 2002; WALTHER et al., 2002). Um exemplo de ecossistema que é influenciado por fatores climáticos são os manguezais (SEMENIUK, 1983). Eles estão presentes em aproximadamente 160.000 km² do globo terrestre e em locais sob regimes de marés de regiões tropicais/subtropicais (entre aproximadamente 30° N e 30° S; (CUNHA-LIGNON et al., 2009; FONSECA; DRUMMOND, 2003).

De maneira geral, os manguezais são ecossistemas que contêm uma elevada diversidade biológica, sendo uma das áreas mais produtivas do mundo (DUARTE et al., 2008; NAIDOO, 2002; PARIDA; DAS; MITTRA, 2004). Esses ecossistemas também cumprem um papel essencial na proteção das linhas de costa e são capazes de prover diversos recursos naturais utilizados pelo homem (HOGARTH, 2015; LOVELOCK; ELLISON, 2007; MUMBY et al., 2003). Além disso, estima-se que os sedimentos dos manguezais armazenem cerca de 174 g m⁻² ano⁻¹ de carbono (DUARTE et al., 2008), mostrando a importância desses ecossistemas como sumidouros de matéria orgânica (MO; ALONGI, 2008). Estimativas sugerem que os manguezais apresentam maior eficiência na estocagem de carbono que outros ambientes aquáticos e continentais

(DUARTE et al., 2008), exercendo um valioso papel no ciclo global do carbono (ALONGI, 2012).

Tendo em vista a importante função ecológica, social e econômica desempenhada pelos manguezais e entendendo que eles sofrem alterações consideráveis por diversos fatores globais e regionais (ALONGI, 2012; HOGARTH, 2015; MUMBY et al., 2003), torna-se indispensável verificar como esses ambientes se desenvolveram no passado para que se possa prever sua evolução e respostas no futuro em regiões com condições que limitam sua expansão. A lagoa de Santo Antônio (Figura 1) está localizada no município de Laguna (Santa Catarina, Brasil). A ocorrência e desenvolvimento dos manguezais nesta região estão relacionados a temperatura superficial do mar (TSM) e ao clima de Santa Catarina. As espécies de mangue são pouco tolerantes às baixas temperaturas, sendo mais adaptadas a regiões tropicais (CUNHA-LIGNON et al., 2009), por isso a influência da Massa Polar Antártica (MPA), em conjunto com a TSM, impedem a expansão das espécies de manguezais no sul do Brasil (ALVES, 2001; XIMENES et al., 2016, 2018). Tornando a LSA o limite sul da ocorrência de manguezais no Oceano Atlântico Oeste (ALVES, 2001; XIMENES et al., 2016, 2018). Avaliar as mudanças temporais na MO depositada nesse sistema pode mostrar como as características ambientais influenciam nas transformações de uma diante do cenário das mudanças climáticas.

As avaliações paleoambientais das mudanças das fontes de MO para uma região podem ser feitas através da análise de marcadores orgânicos moleculares, que são compostos com especificidade de fonte e alta estabilidade química (ALBERGARIA-BARBOSA, 2013; RANJAN et al., 2015; TAKADA et al., 1997; VOLKMAN et al., 1992). Os *n*-alcanos são marcadores orgânicos moleculares amplamente utilizados em caracterizações ambientais (FRENA et al., 2017; GUIMARÃES et al., 2019; RANJAN et al., 2015; VOLKMAN et al., 1992). Suas principais fontes naturais para a maioria dos ambientes marinhos são as plantas terrestres e o fitoplâncton (IZART et al., 2012; XING et al., 2011), entretanto eles são sintetizados por todos os seres vivos. A macrófitas aquáticas, por exemplo, sintetizam preferencialmente *n*-alcanos medianos (*n*-C₂₃ e *n*-C₂₅; FICKEN et al., 2000). Plantas superiores tendem a produzir compostos de maior massa molecular (*n*-C₂₇ a *n*-C₃₁), havendo uma diferenciação dos *n*-alcanos produzidos por plantas superiores cujo padrão fotossintético é do tipo C₃ e do tipo C₄. Enquanto estas

produzem principalmente o $n\text{-C}_{31}$, as do tipo C_3 produzem principalmente o $n\text{-C}_{29}$ (POYNTER et al., 1989; SCHEFUSS et al., 2003). Assim, conhecendo-se as distribuições características desses compostos por cada grupo de produtor primário, pode-se atribuir a origem dos mesmos através da aplicação de determinadas razões diagnósticas que relacionam as concentrações dos compostos individuais encontrados (FICKEN et al., 2000; POYNTER et al., 1989).

O objetivo do presente estudo foi avaliar, através da análise de n -alcanos em testemunhos sedimentares, as mudanças temporais nas fontes de matéria orgânica em uma região limítrofe de ocorrência de manguezal (Lagoa de Santo Antônio - Brasil), verificando quais possíveis fatores influenciaram na sua deposição.

4.2 ÁREA DE ESTUDO

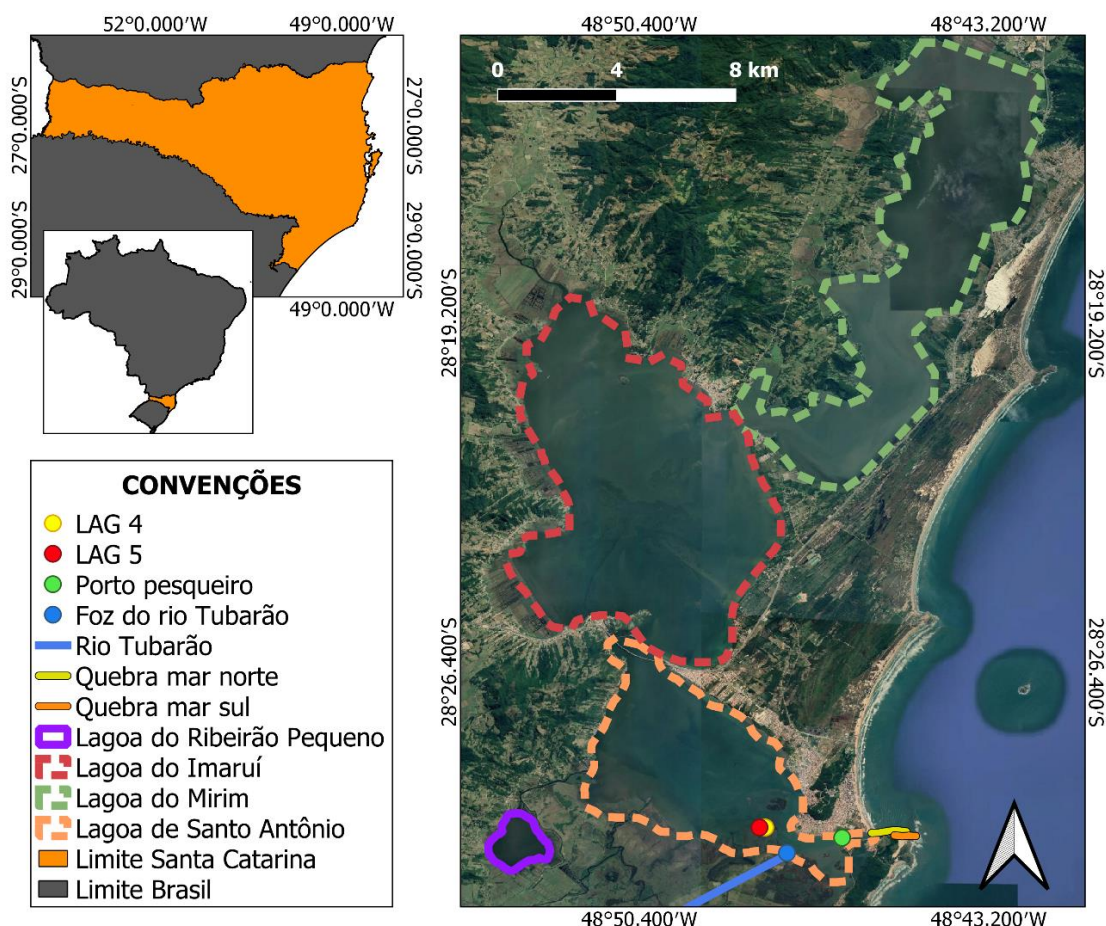
A lagoa de Santo Antônio (LSA, Figura 1) faz parte do setor norte do complexo lagunar sul catarinense, rodeado por uma floresta ombrófila densa, característica do bioma de Mata Atlântica (LINGNER et al., 2015). A região foi formada a partir das modificações da transgressão e regressão do nível do mar que ocorreram ao longo do tempo (ANGULO et al., 2006) e faz parte de uma planície costeira composta de diversos depósitos como eólicos, deltáicos intralagunares e lagunares (WILDNER et al., 2014).

A LSA é a única lagoa do sistema estuarino de Laguna (SEL) que apresenta conexão com o mar através de um canal estreito típico de regiões costeiras com alta energia de ondas de gravidade e intensa deriva litorânea (KJERFVE, 1994). A estreita conexão com o mar elimina as flutuações ocasionadas pelas correntes de maré no interior da lagoa, tornando o vento essencial na circulação das águas das lagoas com o mar.

O rio Tubarão (Figura 1) é a principal fonte de água doce para a LSA, percorrendo uma distância de 120 km antes de desaguar na LSA (BELTRAME, 2003). Sua bacia hidrográfica drena uma área de 5.640 km². Em suas margens e foz, há ocorrência de *Spartina densiflora*, *Spartina alterniflora* e *Avicennia schaueriana*, *Laguncularia racemosa* (FONSECA; NETTO, 2006). Essas espécies também ocorrem no entorno da LSA (SOARES et al., 2012). A lagoa do Ribeirão Pequeno (Figura 1) é um corpo d'água parcialmente isolado que também deságua na LSA. Ele possui um manguezal fracamente

desenvolvido constituído por espécimes de *L. racemosa*, *A. schaueriana*, além de *S. alterniflora*, *S. densiflora* e *Scirpus maritimus*.

Figura 1 - Localização do Brasil e estado de Santa Catarina; Localização geográfica do sistema estuarino de Laguna e seus setores, dos pontos de coleta dos testemunhos LAG 4 ($28^{\circ}29'36.18''$ S e $48^{\circ}47'48.63''$ O) e LAG 5 ($28^{\circ}29'36.20''$ S e $48^{\circ}47'55.70''$ O), do porto pesqueiro, do quebra-mar norte e sul, da lagoa do Ribeirão Pequeno e da foz do rio Tubarão.



Fonte: Elaborado pela autora, adaptado da imagem de satélite do Google Earth.

Atualmente, a região sofre algumas pressões antrópicas como as ocasionadas pelas atividades de mitilicultura, ostreicultura, piscicultura e carcinicultura (SOUZA FILHO et al., 2003). Houve desmatamento de extensas áreas de vegetação de restinga e de Mata Atlântica, soterramento de manguezais e lagoas costeiras e alteração da dinâmica costeira com a construção de molhes durante o processo de construção do porto pesqueiro de Laguna (Figura 1; GOULARTI FILHO, 2012; SCHERER et al., 2006). Além disso, o rio Tubarão passou pelo processo de retificação em 1978 (MACHADO, 2008), que

deixou canais abandonados, facilitando a acumulação de sedimento. Há ainda, ao longo do rio Tubarão, atividades de mineração com a extração de carvão, despejo de efluentes urbano-industriais, lançamento de agrotóxicos, entre outros contaminantes e atividade pecuária, com um intenso aporte de dejetos bovinos (CABRAL et al., 2020; SCHERER et al., 2006).

4.3 MATERIAIS E MÉTODOS

Em 2015, foram amostrados dois testemunhos na LSA, usando-se um testemunhador do tipo *Russian Peat Borer*. O testemunho LAG 4 possui 70 cm e foi amostrado nas coordenadas 28°29'36,18" S e 48°47'48,63" O (Figura 1). O testemunho LAG 5, com 100 cm, foi coletado nas coordenadas 28°29'36,20" S e 48°47'55,70" O (Figura 1). Ainda em campo, as amostras foram mantidas a 4°C, sendo posteriormente seccionados a cada 1 cm. Para o presente trabalho, analisou-se 1 amostra a cada 5 cm, totalizando 13 amostra no LAG 4 e 20 amostras no LAG 5.

4.3.1 Datação por ¹⁴C

A datação foi produzida por Cohen et al. (2020). As amostras foram datadas por Espectrometria de Aceleração de Massa (AMS). Para este estudo, as idades ¹⁴C foram normalizadas para $\delta^{13}\text{C}$ de -25‰ VPDB e relatadas como anos calibrados (anos cal. AP; 2σ) usando CALIB 7.1 (REIMER et al., 2013), a partir da curva de calibração para o hemisfério sul (HOGG et al., 2013). As taxas de sedimentação encontradas no presente estudo foram baseadas na relação direta entre intervalo de profundidade e nível datado. As idades apresentadas no texto são as médias do intervalo de idades calibradas e estão apresentadas em *Anno Domini* (AD).

4.3.2 Análise granulométrica

A análise granulométrica foi produzida e apresentada por Cohen et al. (2020). O tamanho dos grãos foi determinado em um analisador por difração a laser (SHIMADZU SALD 2101) e a classificação do tamanho dos grãos baseou-se na distribuição de

Wentworth (1922). As amostras utilizadas para análise granulométrica foram aquelas contidas a cada 5 cm dos testemunhos LAG 4 e LAG 5.

4.3.3 Teor de carbono orgânico total, nitrogênio total

O método usado na determinação das concentrações de carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) foi produzido e descrito em Cohen et al. (2020). As amostras foram quantificadas em um Analisador Elementar acoplado a um Espectrômetro de Massas de Razão isotópica (ANCA SL 2020, da *Europe Scientific*).

4.3.4 Determinação dos *n*-alcanos

O método de extração, purificação e quantificação usado para análise de *n*-alcanos no presente estudo seguiu aquele descrito por Guimarães et al. (2019). Em aproximadamente 6 g de amostra adicionou-se 50 μL de 1-eicoseno (100 ng mL^{-1}). A extração se deu em um ultrassom, usando-se 25 mL *n*-hexano:diclorometano (HEX:DCM; 1:1), por 15 min a 50 °C. A fração sobrenadante foi transferida para um balão de vidro e o processo foi repetido três vezes. Fios de cobre ativados foram adicionados para retirada de enxofre. Os extratos orgânicos foram concentrados em um evaporador rotativo à vácuo para aproximadamente 1 mL, sendo posteriormente submetidas a um processo de purificação. Esse foi realizado usando-se colunas de vidro preenchidas com 3 g de sílica (100 % ativada). Usou-se como solução de arraste 10 mL de HEX. Os extratos obtidos foram concentrados em um evaporador rotativo à vácuo, transferidos para *vials* e avolumadas para 500 μL pelo método de evaporação.

A quantificação dos *n*-alcanos ocorreu em um cromatógrafo a gás equipado com um detector de ionização de chamas (CG-DIC). Foi utilizada uma coluna capilar de sílica (HP-1, 15 m x 250 μm x 0,25 μm de espessura do filme). A temperatura do injetor foi 300 °C. A temperatura inicial do forno foi de 40 °C, com posterior aquecimento de 10 °C min^{-1} até 300 °C, permanecendo nesta temperatura por 12 min. Utilizou-se hidrogênio com 99,999 % pureza, como gás de arraste a um fluxo de 1 mL min^{-1} .

4.3.4.1 Razões diagnósticas para *n*-alcanos

Para avaliar as diferentes fontes de MO para a área de estudo, foram aplicadas razões diagnósticas com os *n*-alcanos avaliados. Previamente, para aqueles compostos que tiveram suas concentrações menores que o LDM, foram considerados como LDM/2, posteriormente, as concentrações de mg L⁻¹ foram transformadas para µg g⁻¹ afim de relacionar as concentrações dos compostos ao peso em gramas das amostras. Por fim, as concentrações dos compostos foram substituídos nas razões diagnósticas.

O Índice Preferencial de Carbono (IPC) foi calculado conforme Aboul- Kassim e Simoneit (1996), a partir da seguinte equação :

$$\text{IPC} = \frac{1}{2} \left(\frac{[n-C_{25}] + [n-C_{27}] + [n-C_{29}] + [n-C_{31}] + [n-C_{33}]}{[n-C_{24}] + [n-C_{26}] + [n-C_{28}] + [n-C_{32}]} + \frac{[n-C_{25}] + [n-C_{27}] + [n-C_{29}] + [n-C_{31}] + [n-C_{33}]}{[n-C_{26}] + [n-C_{28}] + [n-C_{32}] + [n-C_{34}]} \right)$$

O Índice de Produção Aquática (Paq) foi calculado conforme Ficken et al. (2000), a partir da seguinte equação:

$$\text{Paq} = \frac{[n-C_{23}] + [n-C_{25}]}{[n-C_{23}] + [n-C_{25}] + [n-C_{29}] + [n-C_{31}]}$$

A razão entre as concentração de *n*-C₃₁ e *n*-C₂₉ (NORM31) foi calculada conforme Poynter et al. (1989), através da seguinte equação:

$$\text{NORM31} = \frac{[n-C_{31}]}{[n-C_{29}] + [n-C_{31}]}$$

4.3.3 Tratamento de dados

O cálculo das razões diagnósticas usadas no presente estudo foi feito através do Software Microsoft EXCEL 2013. Todas as figuras referentes a granulometria, o COT, o NT e razões diagnósticas presentes no trabalho foram construídos através do Software GraphPad Prism 6. A construção do mapa de localização da área de estudo deu-se no software QGIS Desktop 3.10.2. Os coeficientes de Pearson apresentados foram obtidos através do software Biostat 5.3.

4.4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir serão apresentados os resultados e suas respectivas discussões.

4.4.1 Datação por ^{14}C e taxa de sedimentação

As taxas de sedimentação, bem como as idades dos testemunhos, já foram apresentadas e discutidas em Cohen et al. (2020). As taxas de sedimentação encontradas para as amostras avaliadas no testemunho LAG 4 (#20 – 25 cm e # 60 – 65 cm) foram $0,72 \text{ mm ano}^{-1}$ e $4,31 \text{ mm ano}^{-1}$. Assim, suas idades são, respectivamente, ≈ 1957 e ≈ 1405 AD (Tabela 1). Para o LAG 5, as taxas de sedimentação encontradas nas amostras #52 - 55 cm e #90 - 95 cm foram $0,46 \text{ mm ano}^{-1}$ e $9,48 \text{ mm ano}^{-1}$, respectivamente, o que lhes confere a idade de ≈ 1957 e ≈ 1090 AD, respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1 - Amostras de sedimento selecionadas para datação com ^{14}C e os resultados do testemunho LAG 4 e LAG 5 (COHEN et al., 2020) com profundidade das amostras usadas na datação, idade em ^{14}C AP convencional (calculada através do SHcal13. ^{14}C , HOGG et al., 2013), calibrado e mediana usando Calib 7.1 (REIMER et al., 2013).

Testemunho	Prof. (cm)	Idade (Anos ^{14}C AP, 1σ)	Idade (Anos cal. AP, 2σ)	Média da idade (AD)	Taxa de sedimentação (mm ano^{-1})
LAG 4	20-25	103.819 ± 0.322^a	1957 AD ^b	1957	4,31
	60-65	589 ± 23	519-560	1405	0,72
LAG 5	52-55	104.329 ± 0.302^a	1957 AD ^b	1957	9,48
	90-95	1019 ± 24	802-873	1090	0,46

^a ^{14}C atividade em percentagem do carbono moderno (pMC).

^b Idade calibrada em AD.

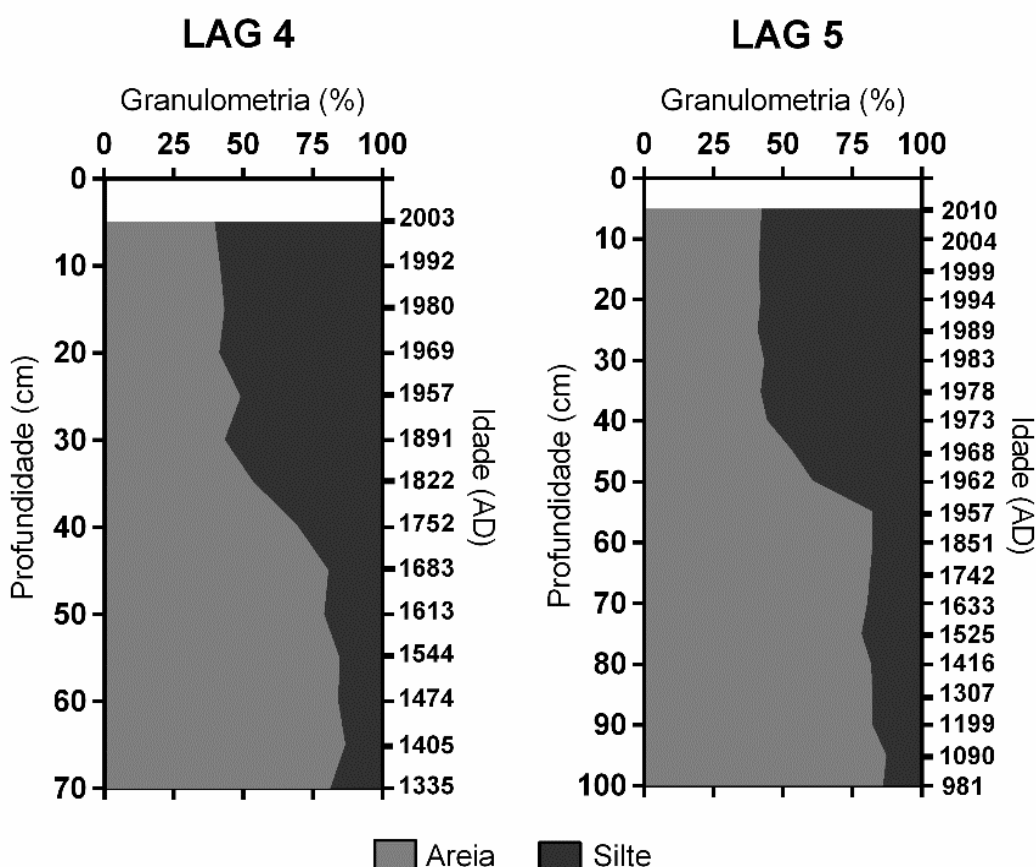
Fonte: Adaptado de Cohen et al. (2020)

Assim, as amostras mais próximas a base de ambos os testemunhos amostrados, estão em um período fora da ação antrópica. Já as amostras mais recentes foram depositadas em um período onde pode haver influência das atividades humanas associada às variações naturais.

4.4.2 Distribuição das frações granulométricas

Os dados granulométricos apresentados no presente estudo foram apresentados e discutidos em Cohen et al. (2020), sendo brevemente apresentados no presente estudo. Na Figura 2, tem-se os conteúdos das frações granulométricas encontradas nas amostras coletadas no testemunho LAG 4 e LAG 5. Somente as frações arenosas e siltosas foram detectadas nos testemunhos avaliados, não havendo a ocorrência de argila. As porcentagens de areia variaram de 38,7 a 86,0% e de 40,1 a 86,5%, para o LAG 4 e LAG 5, respectivamente. Observa-se que, em ambos os testemunhos, as amostras localizadas próximo a base são arenosas. A partir da metade para o topo dos testemunhos, elas tornam-se mais siltosas.

Figura 2 - Distribuição das frações granulométricas (silte e areia, %) com suas respectivas profundidades (cm) e idade (AD) nos testemunhos LAG 4 e LAG 5. Apenas tamanho areia e silte foi detectado em ambos os testemunhos.



Fonte: Adaptado COHEN et al. (2020)

Possivelmente, a granulometria mais grossa na base de ambos os testemunhos está relacionada com a formação da região. Após processo de regressão marinha, no final do Holoceno superior, tem-se a progradação do delta formado pelo aporte de sedimentos mais arenosos do rio Tubarão para o interior da LSA (ANGULO et al., 2006; COHEN et al., 2020; GIANNINI, 1993; GIANNINI et al., 2010; WILDNER et al., 2014). Associado a esses processos tem-se a alta hidrodinâmica da costa, com forte deriva litorânea, a qual originou o cordão litorâneo (KJERFVE, 1994).

Para o testemunho LAG 4, observamos a mudança gradual na granulometria entre ≈ 1682 e ≈ 1822 (AD). A mudança gradual observada pode ter origem do processo de deriva litorânea, responsável pelo estreitamento do canal que comunica a área de estudo com o oceano (KJERFVE, 1994) e eliminação das flutuações ocasionadas pelas correntes de maré no interior da lagoa. Desta maneira, os ventos se tornaram mais atuantes na circulação das águas na região (FONSECA; NETTO, 2006; VARGAS et al., 2001), favorecendo a sedimentação de sedimentos mais finos. Cohen et al. (2020), através da análise de pólenes nas amostras sedimentares, identificaram que, da base até aproximadamente 20 cm do LAG 4, houve a presença de espécies de vegetação que são facilitadoras de colonização de barras arenosas (CONNELL; SLATYER, 1977), como gramíneas e samambaias. Essas reduzem a hidrodinâmica do local, favorecendo a chegada e fixação de novas espécies (CONNELL; SLATYER, 1977), ajudando na deposição de sedimentos mais finos. De 25 cm até o topo, os autores encontraram a presença de pólenes da espécie de mangue *Laguncularia racemosa*. Ela tende a reter lodo, argila e partículas orgânicas nos sedimentos onde está instalada (FURUKAWA; WOLANSKI, 1996; MAZDA; WOLANSKI, 2009), favorecendo na redução gradativa da granulometria ao longo do seu desenvolvimento (MAZDA et al., 1997). Além desses fatores naturais, no período observado temos o início de uma ocupação gradual da região em decorrência da fundação da vila de Laguna em 1682.

Para o testemunho LAG 5, a troca entre sedimento arenosos para siltosos ocorre de maneira mais abrupta, em aproximadamente 55 cm (≈ 1957 AD). Essa mudança pode estar relacionada às intervenções humanas realizadas na conexão entre a LSA e o mar. Principalmente, no período de 1939 até 1944, quando as obras de construção do molhe na barra de Laguna tiveram um ritmo bastante acelerado. Assim, além do acúmulo natural de sedimentos finos, o processo pode ter sido intensificado pela a curvatura do molhe sul

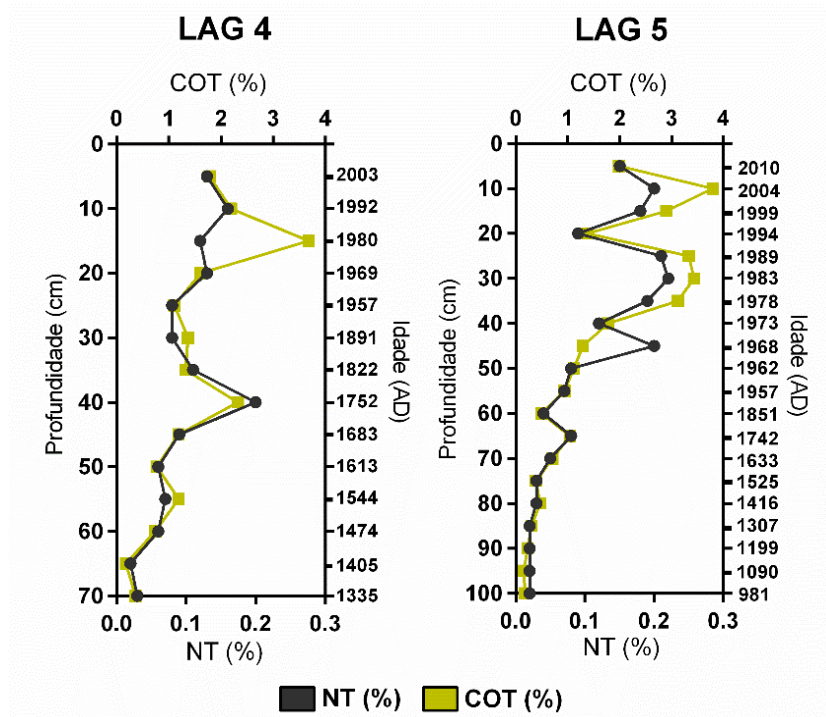
(GOULARTI FILHO, 2012). Associado a isso, em 1978, o rio Tubarão, principal afluente da região de estudo, foi retificado, alterando a deposição de carga clástica. Foram formados canais abandonados (MACHADO, 2008), que favoreceram a deposição de sedimentos com as características granulométricas adequadas para o estabelecimento de manguezais. Assim como para o LAG 4, Cohen et al (2020) encontrou para o LAG 5, das amostras de base até 20 cm, uma composição polínica condizente com a presença da mesma vegetação facilitadora de colonização de barras arenosas, favorecendo a redução da hidrodinâmica do local e a chegada e fixação de novas espécies (CONNELL; SLATYER, 1977). De 20 cm até o topo, há um aumento da presença de *L. racemosa* ((COHEN et al., 2020), que aumentam a deposição de sedimentos lamosos instalada (FURUKAWA; WOLANSKI, 1996; MAZDA et al., 1997; MAZDA; WOLANSKI, 2009).

4.4.3 Carbono orgânico total e nitrogênio total

Na figura 3, estão apresentados os perfis das concentrações de COT e NT, em porcentagem, dos dois testemunhos analisados no presente estudo. As concentrações de COT e NT variaram de 0,18 a 3,68% ($1,44 \pm 0,86$) e 0,02 a 0,20% ($0,098 \pm 0,048$), respectivamente, para o testemunho LAG 4. Para o testemunho LAG 5 o COT variou de 0,15 a 3,79% ($1,50 \pm 1,21$) e o NT variou 0,02 a 0,22% ($0,10 \pm 0,07$).

As concentrações das amostras superiores estão na mesma ordem de grandeza daquelas encontradas no estuário rio Itapicuru, Bahia, Brasil, (COT = 0,65 a 2,51% e NT = 0,07 a 0,13%; GUIMARÃES et al., 2019), no estuário do rio Marapanim, Amazonas, Brasil (COT = 0,53 a 3,84% e NT = 0,04 a 0,27%; MATOS et al., 2020), no Norte de Kerala, Índia (COT = 6,0 a 9,02% e NT = 0,07 a 0,58%; RESMI et al., 2016). Essas regiões apresentam a ocorrência de extensas áreas de manguezais preservados, mostrando que, apesar da área de estudo encontrar-se próxima a uma área limítrofe de ocorrência de manguezal sua capacidade de estoque de matéria orgânica é comparável com outras regiões onde a floresta de mangue é desenvolvida.

Figura 3 - Profundidade (cm) e idade (AD) das amostras dos testemunhos LAG 4 e LAG 5 com a distribuição dos valores de carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT), ambos em porcentagem (%).



Fonte: Adaptado COHEN et al. (2020).

Houve forte correlação positiva entre os conteúdos de COT e NT para ambos testemunhos ($p < 0,05$, $r = 0,76$ para o LAG4; $p < 0,0001$, $r = 0,93$ para o LAG 5), sugerindo que a interferência de nitrogênio inorgânico no NT é baixa, estando este associado às frações orgânicas (MATOS et al., 2020). Foi observado, também, uma correlação entre os conteúdos de silte e COT ($p < 0,05$, $r = 0,57$ para o LAG 4; $p < 0,0001$, $r = 0,87$ para o LAG 5) e de silte e NT ($p = 0,07$, $r = 0,50$ para o LAG 4; $p < 0,0001$, $r = 0,89$ para o LAG 5) em ambos os testemunhos. As relações observadas são atribuídas as maiores áreas superficiais dos sedimentos de granulação fina e, conseqüentemente, maior adsorção de MO (RAMASWAMY et al., 2008). Dessa forma, é comum que períodos com maior deposição de sedimentos finos apresentem maiores conteúdos de COT e NT (GIREESHKUMAR; DEEPULAL; CHANDRAMOHANAKUMAR, 2013; RAMASWAMY et al., 2008). Assim, a variação de COT e NT ao longo do tempo para a área de estudo, aparentemente, foi dependente do perfil granulométrico do sedimento depositado (Figura 2).

Pode ser observado que, para o testemunho LAG 4, houve um aumento na concentração de COT e NT ao longo do tempo, com os maiores valores sendo reportados no topo do testemunho (Figura 3). Para o testemunho LAG 5, da base do testemunho até 50 cm (aproximadamente 1962), as concentrações de ambas as variáveis eram menores e relativamente constantes. A partir desta profundidade da camada sedimentar de 50 cm até o topo, também foi observado um aumento em seus valores. Esses menores valores nas amostras de base e maiores nas amostras de topo são comumente encontrados em estudos paleoambientais (PESSENDA et al., 2010; SUTILLI et al., 2020; VIDOTTO et al., 2007) e podem estar associado aos processos de mineralização, desnitrificação, amonificação, erosão, lixiviação que a MO sofre ao longo do tempo (DITTMAR; LARA, 2001).

4.4.4 Distribuição e fontes dos *n*-alcanos

Nas tabelas 2 e 3, estão apresentadas as concentrações de *n*-Alcanos Totais (somatória da concentração dos *n*-alcanos *n*-C₂₀ a *n*-C₃₅), bem como os valores as razões diagnósticas, calculadas para os testemunhos LAG 4 e LAG 5, respectivamente.

Tabela 2 - Concentração de *n*-alcanos totais ($\mu\text{g g}^{-1}$ em peso seco; $\Sigma n\text{-C}_{20}$ a *n*-C₃₅) e valores do Índice Preferencial do Carbono (IPC); Índice de Produção Aquática (Paq); razão entre as concentrações de *n*-C₂₉ e *n*-C₃₁ (NORM31) calculados para o testemunho LAG 4

Profundidade (cm)	<i>n</i> -Alcanos Totais	IPC	Paq	NORM31
5	14108	1,5	0,2	0,3
10	6029	2,7	0,1	0,4
15	7491	3,3	0,1	0,4
20	5062	2,8	0,2	0,5
25	3493	2,8	0,1	0,5
30	4192	3,5	0,1	0,3
35	2322	2,8	0,2	0,4
40	3484	2,8	0,1	0,4
45	3539	2,5	0,1	0,5
50	2581	2,5	0,1	0,5
55	4308	2,9	0,5	0,5
60	520	2,1	0,3	0,5
68	791	2,2	0,2	0,5

As concentrações de *n*-Alcanos Totais para o LAG 4 variaram de 520 a 14.107 $\mu\text{g g}^{-1}$ em peso seco (p.s.; 4.455 ± 3.476 ; Tabela 2). Para o testemunho LAG 5, essa variação foi de 292 a 17.757 $\mu\text{g g}^{-1}$ p.s. (5861 ± 4.790 ; Tabela 3). Essas concentrações estão na mesma ordem de grandeza daquelas encontradas em estudos pretéritos realizados no Complexo Lagunar Sul Catarinense, onde a LSA está localizada (TAROZO; FRENA; MADUREIRA, 2010). Em regiões tropicais que apresentam o manguezal bem desenvolvido como o estuário do rio Itapicuru (Bahia, Brasil; GUIMARÃES et al., 2019), o sistema estuarino de Itajaí-Açu (Santa Catarina; FRENA et al., 2017), o estuário Ashtamudi (Índia; ANKIT et al., 2017) e estuário de Cochin (Índia; KUMAR et al., 2019), foram descritos valores de *n*-Alcanos Totais próximos aos encontrados para a LSA, revelando que a região limítrofe de ocorrência de manguezal possui um intenso aporte e retenção de MO na região.

Tabela 3 - Concentração de *n*-alcanos totais ($\mu\text{g g}^{-1}$ em peso seco; $\Sigma n\text{-C}_{20}$ a $n\text{-C}_{35}$) e valores do Índice Preferencial do Carbono (IPC); Índice de Produção Aquática (Paq); razão entre as concentrações de $n\text{-C}_{29}$ e $n\text{-C}_{31}$ (NORM31) calculados para o testemunho LAG 5

Profundidade (cm)	<i>n</i> -Alcanos totais	IPC	Paq	NORM31
5	17757	6,7	0,1	0,1
10	5000	3,7	0,1	0,2
15	12556	4,6	0,1	0,2
20	6197	3,3	0,1	0,4
25	6462	3,1	0,2	0,4
30	9632	3,9	0,1	0,2
35	10624	4,6	0,1	0,2
40	7105	4,5	0,1	0,2
45	9288	4,5	0,1	0,2
50	4467	3,8	0,1	0,3
55	3780	3,3	0,2	0,3
60	3269	3,1	0,1	0,2
65	3372	3,0	0,1	0,2
75	2070	3,6	0,2	0,3
80	1375	3,2	0,1	0,3
85	867	3,3	0,2	0,3
90	803	2,4	0,2	0,4
95	293	1,6	0,3	0,5
100	543	2,2	0,2	0,4

Houve correlação entre as concentrações de *n*-Alcanos Totais e os teores de silte ($p < 0,05$, $r = 0,63$ para LAG 4; $r = 0,70$ para LAG 5). Assim como COT e NT, as relações observadas também são atribuídas a maior capacidade do sedimento mais fino adsorver MO em função da sua área superficial (GIREESHKUMAR; DEEPULAL; CHANDRAMOHANAKUMAR, 2013; RAMASWAMY et al., 2008). Houve correlação significativa, entre as concentrações de *n*-Alcanos Totais e COT ($p < 0,05$, $r = 0,75$ para LAG 5) e correlação significativa do *n*-Alcanos Totais e NT para o testemunho LAG 5 ($p < 0,05$, $r = 0,70$). Apenas para *n*-Alcanos Totais e NT do testemunho LAG 4 não foi encontrado correlação significativa.

Assim como COT e NT, as menores concentrações foram encontradas na base dos testemunhos, havendo um aumento dessa concentração ao longo do tempo. Observa-se que, em ambos os testemunhos, esse aumento é gradativo e a quantidade e a qualidade da matéria orgânica (MO) incorporada aos sedimentos dependem das características biogeoquímicas destes (TISSOT; WELTE, 1984). Os menores valores podem estar associados a variação na concentração dos compostos em função da remineralização da MO, com perda maior dos compostos de menor massa molecular (MCCAFFREY; FARRINGTON; REPETA, 1991), associado as maiores concentrações de sedimento tamanho areia, que não retém tanta MO como os grãos mais finos. As maiores concentrações encontradas do meio para o topo dos testemunhos, podem estar relacionadas a maior porcentagem de silte, favorecendo a maior adsorção de MO, junto as novas entradas de MO para a área de estudo, como aumento ou mudança do tipo de vegetação do local (COHEN et al., 2020) e com o aporte de esgotos, rizicultura, carnicultura e o aporte de resíduos relacionados a pecuária (CABRAL et al., 2020; SCHERER et al., 2006; SOUZA FILHO et al., 2003) que ocorrem na região.

Para verificar quais as fontes predominantes de matéria orgânica para a LSA, razões diagnósticas foram aplicadas aos *n*-alcanos avaliados. Os valores encontrados para o IPC variaram de 1,5 a 3,5 para o testemunho LAG 4 (Tabela 2), e de 1,6 a 6,7 (Tabela 3) para o LAG 5. De modo geral, o IPC é usado para identificar a importância do aporte natural de MO sobre a antropogênico (contaminação por petróleo; ABOUL-KASSIM; SIMONEIT, 1996). Valores maiores ou iguais a 3,0, que é o caso da maioria das amostras analisadas no presente estudo, indicam que a principal fonte de *n*-alcanos para a região são as atividades biogênicas. Isso porque a biossíntese dos *n*-alcanos se dá através da

descarboxilação dos ácidos graxos, que têm número par de átomos de carbono em suas cadeias (KILLOPS; KILLOPS, 2005). Possíveis fontes biogênicas na região são o aporte da MO proveniente da vegetação de marisma ao longo do rio Tubarão e de manguezal da lagoa do Ribeirão pequeno, e dos segmentos de canais abandonados na LSA (COHEN et al., 2020; FONSECA; NETTO, 2006; NETTO, 2018; SOARES et al., 2012). Valores de IPC próximos a 1,0 indicam que as concentrações de compostos com números pares e ímpares de carbono no sistema estudado são próximas, mostrando que a região pode estar contaminada por óleo (ABOUL-KASSIM; SIMONEIT, 1996) ou que a MO é originada de bactérias, algas ou de uma MO já degradada no sedimento (BRAY; EVANS, 1961). O testemunho LAG 4, apresentou valores próximos a 1 no topo do testemunho, período em que tem-se atividade porto pesqueiro de Laguna e suas estruturas (GOULARTI FILHO, 2012), que poderiam ter contribuído para os valores encontrados, entretanto não descarta-se a possibilidade da MO ser originada por bactérias, algas ou de uma MO já degradada. No testemunho LAG 5 também observa-se valores próximos a 1 na sua base, em um período sem a influência antrópica, sugerindo que a MO é originada de bactérias, algas ou de uma MO já degradada no sedimento.

Os valores do Paq variaram de 0,1 a 0,5 para testemunho LAG 4 e 0,1 a 0,3 para o LAG 5 (Tabela 2 e 3). Segundo Ficken et al. (2000), valores dessa razão menores que 0,1 mostram que os *n*-alcanos depositados na região tem como principal fonte a vegetação superior. Isso porque esse tipo de vegetação tende a produzir maiores proporções de *n*-C₂₉ e *n*-C₃₁ (POYNTER et al., 1989; SCHEFUSS et al., 2003). Para ambos os testemunhos, a maioria das amostras teve valores próximos a 0,1, indicando que a principal fonte de *n*-alcanos para a região são as plantas superiores. Essas fontes podem ser, principalmente, das espécies de mangue *Avicenia schaueriana* e *Laguncularia racemosa* que ocorrem na região dos pontos de coleta, em canais abandonados na borda sudoeste da LSA e na saída do lagoa do Ribeirão Pequeno (COHEN et al., 2020; FONSECA; NETTO, 2006; NETTO, 2018; SOARES et al., 2012). Outra provável fonte está relacionada ao aporte da floresta densa de Mata Atlântica no entorno da LSA e dos rios que desaguam na região (LINGNER et al., 2015).

Os valores de Paq entre 0,1 e 0,4 e maiores que 0,4 mostram, respectivamente, que a principal origem dessa MO são as macrófitas emersas e as submersas/flutuantes (FICKEN et al., 2000). Tais valores são característicos da presença de macrófitas como

as espécies *Spartina alterniflora*, *Spartina densiflora* e *Scirpus maritimus*, características de marisma (MARANGONI; COSTA, 2009). A importância do aporte desse tipo de vegetação para a LSA pode alternar conforme o aporte de vegetação superior em períodos de maior precipitação e pela introdução e desenvolvimento do manguezal na região.

Para NORM31, valores inferiores a 0,5 indicam aporte de vegetação com padrão fotossintético do tipo de C₃. Valores superiores a 0,5 indicam padrão do tipo C₄ (POYNTER et al., 1989). Isso porque as plantas do primeiro grupo, por estarem sob influência de maior estresse hidrológico, tendem a produzir maiores proporções de *n*-C₃₁, enquanto as do último grupo produzem maiores proporções de *n*-C₂₉ (RAVEN; EVERT; EICHHORN, 1996; SCHEFUSS et al., 2003). Apesar da LSA estar sob influência de vegetação superior do tipo C₃, valores próximos a 0,5 foram observados da base a 45 cm do LAG 4 e na base do LAG 5, podendo mostrar a influência da vegetação do tipo C₄ em períodos mais antigos. Cohen et al. (2020) identificaram, em ambos testemunhos estudados, a presença da contribuição de marismas que ocupavam as planícies de maré, principalmente espécies da família *Poacea*, como a *Spartina alterniflora* (CHENG et al., 2006). Isso ocorreu principalmente em períodos mais antigos. Posteriormente, essa contribuição passou a ter influência de plantas superiores cujo padrão fotossintético é do tipo C₃, principalmente nos períodos mais recentes. Essa mudança ocorreu porque o desenvolvimento da LSA permitiu o estabelecimento desse tipo de vegetação (COHEN et al., 2020; FONSECA; NETTO, 2006; NETTO, 2018), principalmente, o manguezal. Albergaria-Barbosa (2013) também constatou que o NORM31 pode seu usado para diferenciar a entrada de *n*-alcanos provindo de vegetação de mangue (NORM 31 < 0,5) e de vegetação ribeirinha (NORM31 > 0,5). Através dessa razão, pode-se observar que ambos os testemunhos apresentam a influência dos dois tipos de vegetação.

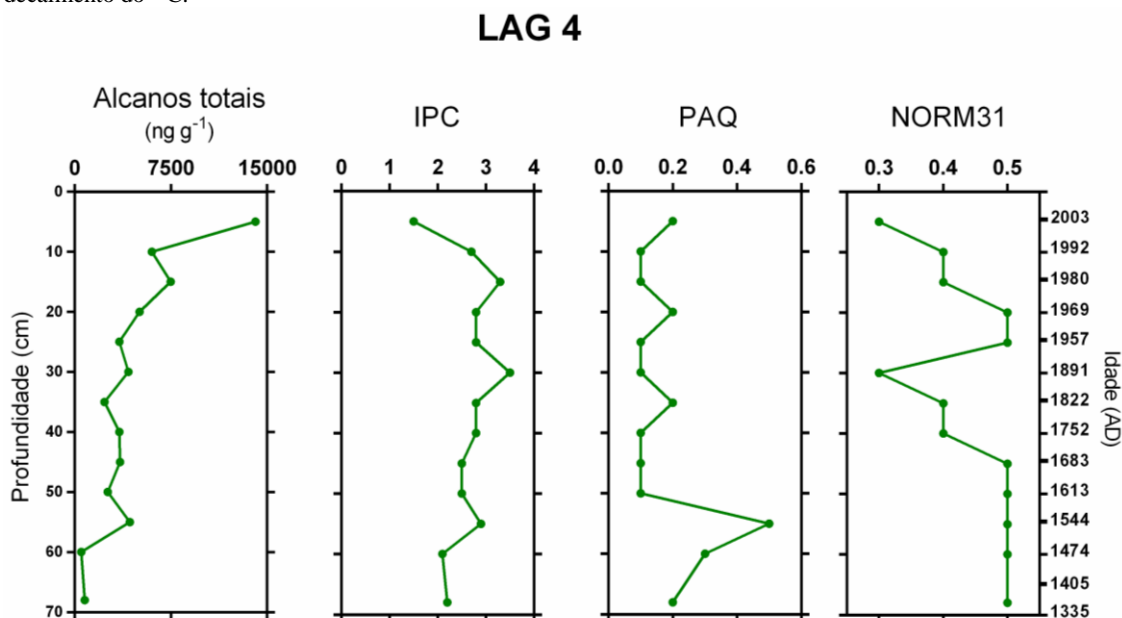
4.4.5 Variação temporal das fontes de matéria orgânica por *n*-alcanos

Baseando-se nos perfis de *n*-Alcanos Totais e das razões diagnósticas (Figuras 4 e 5) é possível avaliar as mudanças temporais nas fontes de MO para a LSA. Para o LAG 4 (Figura 4), da base do testemunho até 55 cm (\approx 1544 AD) os valores de Paq foram mais elevados, havendo um aumento ao longo do tempo. Isso indica que, durante esse período, a contribuição das macrófitas no total de *n*-alcanos depositados na região de estudo foram

maiores. Após 55 cm (≈ 1544 AD) até o topo (≈ 2003 AD), houve uma diminuição nessa contribuição, associada possivelmente ao aporte de MO originada da floresta ombrófila densa presente no entorno da região e a introdução e desenvolvimento do manguezal na região.

Observa-se também que da base até 45 cm (≈ 1683 AD) os valores de NORM31 foram maiores, mostrando uma maior influência de plantas do tipo C_4 , como a macrófita *Spartina sp.*, para a região. Esses valores diminuíram ao longo do tempo, havendo somente um pico de aumento entre 25 cm (≈ 1957 AD) e 20 cm (≈ 1969 AD).

Figura 4 - Perfis verticais da concentração de *n*-Alcanos totais, em $\mu\text{g g}^{-1}$, e das razões diagnósticas Índice Preferencial de Carbono (IPC), Produção Aquática (Paq), razão entre a concentração de *n*- C_{29} e *n*- C_{31} (NORM31) do testemunho LAG 4 de acordo com as respectivas profundidades na camada sedimentar (cm) e idades (AD) calculadas através do decaimento do ^{14}C .



De 25 cm (≈ 1957 AD) até o topo (≈ 2003 AD), observa-se uma diminuição nos valores de NORM31 e de IPC, indicando que a MO é oriunda de vegetação de manguezal, respectivamente (ABOUL-KASSIM; SIMONEIT, 1996; ALBERGARIA-BARBOSA, 2013; POYNTER et al., 1989). Esse período é condizente com aquele em que as atividades antrópicas se instalaram na região, com aumento do fluxo regular de embarcações em decorrência da fundação da vila de Laguna em 1682, posteriormente com as atividades do porto de Laguna (GOULARTI FILHO, 2012), e com a introdução e desenvolvimento de espécies de mangue na LSA identificado por Cohen et al. (2020).

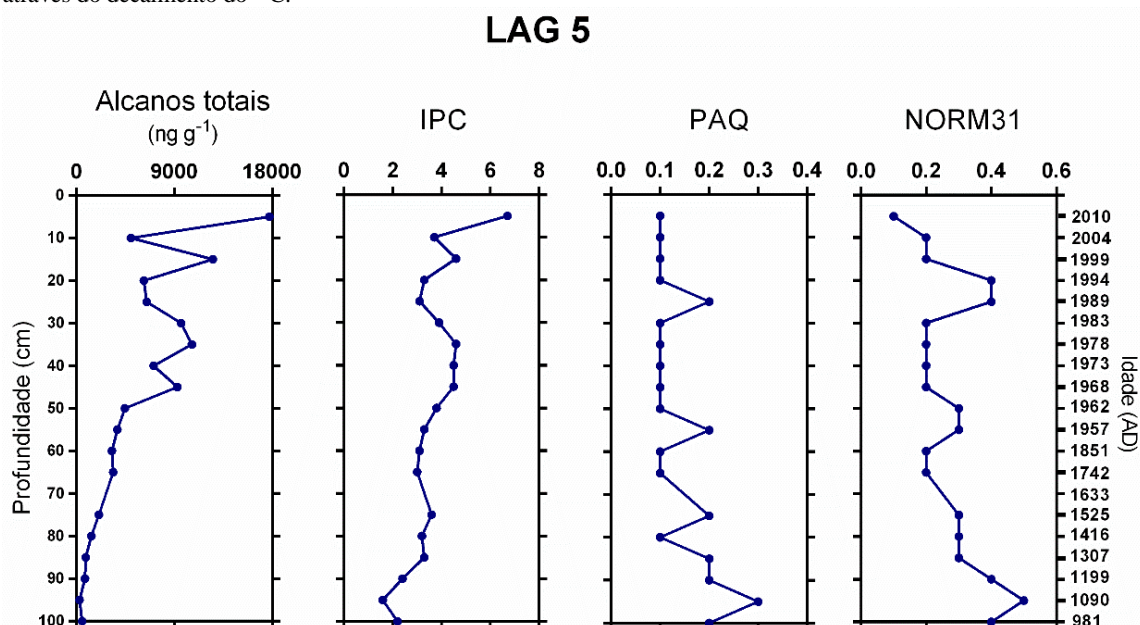
O estabelecimento do mangue foi, possivelmente, favorecido pela presença de *Spartina sp.* na LSA, que é caracterizada como facilitadora da colonização de barras arenosas ao reduzir a hidrodinâmica do local e a granulometria, favorecendo a chegada e fixação de novas espécies (CONNELL; SLATYER, 1977). Associado a isso, tem-se observado a expansão dos manguezais para regiões tropicais e, posteriormente, para regiões subtropicais durante o final do Holoceno (FONTES et al., 2017; PESSENDA et al., 2012) (FRANÇA et al., 2019). Essa expansão foi possivelmente favorecida pela aumento da temperatura média da superfície global (TMSG; KAUFMAN et al., 2020) e aumento do nível relativo do mar (NRM; ANGULO et al., 1999) durante o Holoceno inicial e intermediário. No testemunho LAG 4, também é possível encontrar sinal de monocotiledônas, originado do aporte de MO oriundo da rizicultura, que é muito presente na região, principalmente, próximo a região de coleta (MACEDO, 2012; SDM, 2002).

Para o LAG 5 (Figura 5), também se observa maiores valores de Paq da base até 65 cm (≈ 1742 AD). Durante esse período, há também uma diminuição nos valores de NORM31. Esses perfis também podem estar relacionados a uma maior contribuição de macrófitas do tipo C₄ na base do testemunho, que foi diminuindo ao longo do período em questão. Uma provável fonte dessa contribuição é a presença de vegetação de marismas encontrada por Cohen et al. (2020), em ambos os testemunhos, principalmente espécies da família *Poacea*, como a *Spartina alterniflora* (CHENG et al., 2006). O período referente a profundidade de 65 cm (≈ 1742) até 20 cm (≈ 1994), está associado ao momento de transição da região, no qual Cohen et al. (2020) mostraram que a barra arenosa, com a presença de marismas, mudou para uma região de planície de maré com introdução de vegetação de mangue. Assim como no testemunho LAG 4, Cohen e colaboradores (2020) descreveram o mesmo padrão de sucessão da vegetação, com espécies que facilitam a colonização da barra arenosa, redução da hidrodinâmica e granulometria local (CONNELL; SLATYER, 1977), para o testemunho LAG 5. Entretanto, neste período tivemos a construção do molhes (GOULARTI FILHO, 2012) e a retificação do rio Tubarão (MACHADO, 2008), que modificaram a dinâmica costeira e o aporte clástico do rio; esta alteração favoreceu o acúmulo rápido de sedimento fino (figura 2) e o aporte de MO oriunda da vegetação de mangue, indicadas pelas razões diagnósticas (figura 5).

De 20 cm (≈ 1994) até o topo (≈ 2010), as razões não indicam variação das fontes de MO, mas tem-se um aumento da concentração de *n*-Alcanos Totais. Essa mudança

pode estar associada aos aportes naturais de MO como os rios, vegetação dos ecossistemas entre marés e fontes antrópicas (BOUILLON et al., 2008; GOÑI; TEIXEIRA; PERKEYA, 2003; MCCALLISTER et al., 2006). Na região, encontramos exemplos de diversas fontes antrópicas como aporte de efluentes, carcinicultura, rizicultura (CABRAL et al., 2020; SCHERER et al., 2006; SOUZA FILHO et al., 2003), que também podem contribuir com as concentrações de MO. Entretanto, apesar dessas atividades, as razões Paq, IPC e NORM31 identificam a introdução biogênica de MO, principalmente da vegetação de manguezal, com padrão fotossintético do tipo C₃ como principal aporte de MO neste período. Cohen et al. (2020) relataram o aumento considerável do manguezal na região de estudo, principalmente, no local de coleta dos testemunhos. Assim como no testemunho LAG 4, a expansão da vegetação de manguezais nas regiões subtropicais (FRANÇA et al., 2019), possivelmente favorecido pelo aumento da TMSG e do NRM (ANGULO et al., 1999; KAUFMAN et al., 2020), pode ter contribuído para o desenvolvimento da vegetação de manguezal e, conseqüentemente, para os valores encontrados neste período na LSA.

Figura 5 - Perfis temporais da concentração de *n*-Alcanos totais, em $\mu\text{g g}^{-1}$, e das razões diagnósticas Índice Preferencial de Carbono (IPC), Produção Aquática (Paq), razão entre a concentração de *n*-C₂₉ e *n*-C₃₁ (NORM31) do testemunho LAG 5 de acordo com as respectivas profundidades na camada sedimentar (cm) e idades (AD) calculadas através do decaimento do ¹⁴C.



4.5 CONCLUSÃO

Tendo em vista os aspectos observados através das variações nas concentrações de *n*-alcanos e aplicação das razões diagnósticas, conclui-se que as concentrações de matéria orgânica para região foram influenciadas pela granulometria. Esta, conseqüentemente, também influenciou nos processos de desenvolvimento e colonização de espécies da vegetação no entorno da Lagoa de Santo Antônio, assim como na maior adsorção de MO. A partir da fundação da vila de Laguna, a granulometria foi modificada, principalmente, pelas obras dos molhes no canal de conexão da LSA com o mar, que alteraram a hidrodinâmica local.

Baseado nos *n*-alcanos, o aporte de matéria orgânica para região é, predominantemente, de origem biogênica. Entretanto houve a influência de fatores antrópicos locais nos períodos mais recentes, principalmente, pelo processo de construção do porto pesqueiro de Laguna. Atualmente, a principal fonte biogênica de matéria orgânica para a região, segundo os *n*-alcanos estudados, é a vegetação de manguezal que se desenvolve na região, havendo também influência da vegetação ribeirinha do rio Tubarão, que deságua na área de estudo. Antigamente havia uma maior influência do aporte de macrófitas para a região, e sua presença possibilitou a colonização da barra arenosa. Existe uma tendência de aumento da contribuição da vegetação de mangue para a MO da Lagoa de Santo Antônio, assim como uma possível sucessão de espécies, visto que, tal vegetação, tem sido favorecida por temperaturas mais altas e influência do mar.

4.6 AGRADECIMENTOS

Esse trabalho foi desenvolvido no Programa de Pós-Graduação em Geoquímica: Petróleo e Meio Ambiente (POSPETRO) da Universidade Federal da Bahia (UFBA), com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001. Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), principal órgão financiador do presente projeto (Processo 445111/2014-3), e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) por financiar os equipamentos usados (FAPESB; projeto CNV0005/2013; CNV0025/2013; PET0035/2014). I.D. Gargur-Leal agradece à CAPES

(88882.453622/2019-01) pela bolsa de mestrado. M.C. França agradece e A.C.R. Albergaria-Barbosa agradecem ao CNPq (305074/2017-2 e 305210/2019-0, respectivamente) pelas bolsas de pesquisa.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da avaliação dos *n*-alcanos nos testemunhos sedimentares, foi possível compreender quais processos afetam a quantidade e qualidade da matéria orgânica para uma região limítrofe de ocorrência de manguezais. A região estudada (Lagoa do Santo Antônio – Santa Catarina – Brasil) possui uma grande contribuição natural, principalmente da vegetação de mangue, mas há, na atualidade, a influência do aporte antrópico na matéria orgânica depositada. Fica a sugestão para fazer uso de outros biomarcadores afim de refinar as fontes de matéria orgânica para a região, principalmente os indicadores de esgoto, bem como os processos relacionados a estes.

REFERÊNCIAS

- ABOUL-KASSIM, T. A. T.; SIMONEIT, B. R. T. Lipid geochemistry of surficial sediments from the coastal environment of Egypt I. Aliphatic hydrocarbons-characterization and sources. **Marine Chemistry**, v. 54, n. 1–2, p. 135–158, 1996. DOI: 10.1016/0304-4203(95)00098-4.
- ALBERGARIA-BARBOSA, A. C. R. de. **Avaliação da influência do canal do Valo Grande na composição molecular e isotópica da matéria orgânica depositada no Sistema Estuarino-Lagunar de Cananéia-Iguape-SP**. 2013. 147f. Dissertação para obtenção do título de Doutor em Ciência, área de Oceanografia. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.
- ALONGI, D. M. Mangrove forests : Resilience , protection from tsunamis , and responses to global climate change. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 76, p. 1–13, 2008. DOI: 10.1016/j.ecss.2007.08.024.
- ALONGI, D. M. **The Energetics of Mangrove Forests**. Townsville: Springer, 2009.
- ALONGI, D. M. Carbon sequestration in mangrove forests. **Carbon Management**, v.3, p. 312–322, 2012. DOI: 10.4155/cmt.12.20.
- ALVES, J. **Manguezais: educar para proteger**. Rio de Janeiro: Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável - SEMADS, 2001.
- ANGULO, R. J.; GIANNINI, P. C. F.; SUGUIO, K.; PESSEDA, L. C. R. Relative sea-level changes in the last 5500 years in southern Brazil (Laguna-Imbituba region, Santa Catarina State) based on vermetid ¹⁴C ages. **Marine Geology**, v. 159, n. 1–4, p. 323–339, 1999. DOI: 10.1016/S0025-3227(98)00204-7.
- ANGULO, R. J.; LESSA, G. C.; SOUZA, M. C. De. A critical review of mid- to late-Holocene sea-level fluctuations on the eastern Brazilian coastline. **Quaternary Science Reviews**, v. 25, p. 486–506, 2006. DOI: 10.1016/j.quascirev.2005.03.008.
- ANKIT, Y.; MISHRA, P. K.; KUMAR, P.; JHA, D. K.; KUMAR, V. V.; AMBILI, V.; ANOOP, A. Molecular distribution and carbon isotope of n-alkanes from Ashtamudi Estuary, South India: Assessment of organic matter sources and paleoclimatic implications. **Marine Chemistry**, v. 196, p. 62–70, 2017. DOI: 10.1016/j.marchem.2017.08.002.
- BELTRAME, E.. **Seleção de sítios e planejamento da atividade de cultivo de camarões marinhos com base em geotecnologias**. 2003. 212f. Tese para obtenção do título de mestre em Geografia. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.
- BOUILLON, S.; BORGES, A. V; CASTANEDA-MOYA ,E.; DIELE ,K.; DITTMAR, T.; DUKE, N. C.; KRISTENSEN, E.; LEE; S. Y.; MARCHAND, C.; MIDDELBURG

- J. J.; RIVERA-MONROY, V. H.; SMITH III, T. J.; TWILLEY, R. R. Mangrove production and carbon sinks: A revision of global budget estimates. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 22, n. 2, 2008. DOI: 10.1029/2007GB003052.
- BRAY, E. E.; EVANS, E. D. Distribution of n-paraffins as a clue to recognition of source beds. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v. 22, n. 1, p. 2–15, 1961. DOI: 10.1016/0016-7037(61)90069-2.
- CABRAL, A.C.; DAUNER, A. L. L.; XAVIER, F. C. B.; GARCIA, M. R. D.; WILHELM, M. M.; DOS SANTOS, V. C. G.; NETTO S. A.; MARTINS, C. C. Tracking the sources of allochthonous organic matter along a subtropical fluvial-estuarine gradient using molecular proxies in view of land uses. **Chemosphere**, v. 251, p. 126435, 2020. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2020.126435.
- CHENG, X.; LUO, Y.; CHEN, J.; LIN, G.; CHEN, J.; LI, B.. Short-term C4 plant *Spartina alterniflora* invasions change the soil carbon in C3 plant-dominated tidal wetlands on a growing estuarine Island. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 38, n. 12, p. 3380–3386, 2006. DOI: 10.1016/j.soilbio.2006.05.016.
- CINTRON, G. ; SCHAEFFER-NOVELLI, Y.. **I. Los manglares de la costa brasileña: Revisión preliminar de la literatura y II. Los manglares de Santa Catarina.** Informe Té ed.: Oficina Regional de Ciencia y Tecnología para América Latina y el Caribe de UNESCO y la Universidad Federal de Santa Catarina, 1981.
- COHEN, M. C. L.; RODRIGUES, E.; ROCHA, D. O. S.; FREITAS, J.; FONTES, N. A.; PESSEDA, L. C. R.; SOUZA, A. V. de; GOMES, V. L. P.; FRANÇA, M.; BONOTTO, D. M.; BENDASSOLLI, J. A.. Southward migration of the austral limit of mangroves in South America. **Catena**, v. 195, p. 104775, 2020. DOI: 10.1016/j.catena.2020.104775.
- COLOMBO, J. C.; PELLETIER, E.; BROCHU, C.; KHALLL, M.. Determination of Hydrocarbon Sources Using n -Alkane and Potyaromatic Hydrocarbon Distribution Indexes . Case Study : Rio de La Plata Estuary , Argentina. **Environmental Science and Technology**, v. 23, n. 7, p. 888–894, 1989.
- CONNELL, J. H.; SLATYER, R. O. Planetesimal capture by an evolving giant gaseous protoplanet. **The American Naturalist**, v. 111, p. 1119–1144, 1977. DOI: 10.1017/S1743921313012957.
- CUNHA-LIGNON, M.; MENGHINI, R. P.; SANTOS, L. C. M.; NIEMEYER-DINÓLA, C.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y.. Estudos de caso nos manguezais do Estado de São Paulo (Brasil): aplicação de ferramentas com diferentes escalas espaço-temporais. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v. 9, n. 1, p. 79–91, 2009. DOI: 10.5894/rgci125.
- DITTMAR, T.; LARA, R. J.. Molecular evidence for lignin degradation in sulfate-reducing mangrove sediments (Amazônia, Brazil). **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v. 65, n. 9, p. 1417–1428, 2001. DOI: 10.1016/S0016-7037(00)00619-0.

DONATO, D. C.; KAUFFMAN, J. B.; MURDIYARSO, D.; KURNIANTO, S.; STIDHAM, M.; KANNINEN, M.. Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics. **Nature Geoscience**, v. 4, n. 5, p. 293–297, 2011. DOI: 10.1038/geo1123.

DUARTE, C. M.; DENNISON, W. C.; ORTH, R. J. W.; CARRUTHERS, T. J. B. The Charisma of Coastal Ecosystems : Addressing the Imbalance. **Estuaries and coasts**, v. 31, p. 233–238, 2008. DOI: 10.1007/s12237-008-9038-7.

EGLINTON, G.; HAMILTON, R. J. Leaf Epicuticular Waxes. **Science**, v. 156, p. 1322–1335, 1967.

FICKEN, K. J.; LI, B.; SWAIN, D. L.; EGLINTON, G. An n -alkane proxy for the sedimentary input of submerged /floating freshwater aquatic macrophytes. **Organic Geochemistry**, v. 31, p. 745–749, 2000.

FONSECA, G.; NETTO, S. A. Shallow sublittoral benthic communities of the Laguna Estuarine System, South Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 54, n. 1, p. 41–54, 2006. DOI: 10.1590/s1679-87592006000100004.

FONSECA, S. de M.; DRUMMOND, J. A.. Reflorestamento de manguezais e o valor de resgate para o seqüestro de carbono atmosférico. **História, Ciências, Saúde-Manguinhos**, v. 10, n. 3, p. 1071–1081, 2003. DOI: 10.1590/s0104-59702003000300014.

FONTES, N. A.; MORAES, C. A.; COHEN, M. C.L.; ALVES, I. C. C.; FRANÇA, M. C.; PESSENDA, L. C.R.; FRANCISQUINI, M. I.; BENDASSOLLI, J. A.; MACARIO, K.; MAYLE, F.. The impacts of the middle holocene high Sea-Level stand and climatic changes on angroves of the jucuruÇu river, southern Bahia-Northeastern Brazil. **Radiocarbon**, v. 59, n. 1, p. 215–230, 2017. DOI: 10.1017/RDC.2017.6.

FRANÇA, M. C.; PESSENDA, L. C.R.; COHEN, M. C.L.; AZEVEDO, A. Q. de; FONTES, N. A.; SILVA, F. B.; MELO, J. C.F. de; PICCOLO, M. de C.; BENDASSOLLI, J. A.; MACARIO, K.. Late-Holocene subtropical mangrove dynamics in response to climate change during the last millennium. **Holocene**, 2019. DOI: 10.1177/0959683618816438.

FRENA, M.; BATAGLION, G. A.; SANDINI, S. S.; KUROSHIMA, K. N.; EBERLIN, M. N.; MADUREIRA, L. A. S. Distribution and Sources of Aliphatic and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Surface Sediments of Itajaí-Açu Estuarine System in Brazil. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 28, n. 4, p. 603–614, 2017.

FURUKAWA, K.; WOLANSKI, E. Sedimentation in mangrove forests. **Mangroves and Salt Marshes**, v. 1, n. 1, p. 3–10, 1996. DOI: 10.1023/A:1025973426404.

GIANNINI, P. **Sistemas deposicionais no quaternário costeiro entre Jaguaruna e Imbituba, SC**. 1993. 304f. Dissertação para obtenção do título de Doutor em Geologia sedimentar. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

GIANNINI, P.; VILLAGRAN, X.; FORNARI, M.; JUNIOR, D.; MENEZAS, P.;

TANAKA, A.; ASSUNÇÃO, D.; DEBLASIS, P.; AMARAL, P. Interações entre evolução sedimentar e ocupação humana pré-histórica na costa centro-sul de Santa Catarina, Brasil. **Boletim do museu paraense Emílio Goeldi**, p. 105–128, 2010.

GIREESHKUMAR, T. R.; DEEPULAL, P. M.; CHANDRAMOHANAKUMAR, N. Distribution and sources of sedimentary organic matter in a tropical estuary, south west coast of India (Cochin estuary): A baseline study. **Marine Pollution Bulletin**, v. 66, n. 1–2, p. 239–245, 2013. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2012.10.002.

GOÑI, M. A.; TEIXEIRA, M. J.; PERKEYA, D. W. Sources and distribution of organic matter in a river-dominated estuary (Winyah Bay, SC, USA). **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 57, n. 5–6, p. 1023–1048, 2003. DOI: 10.1016/S0272-7714(03)00008-8.

GOULARTI FILHO, Alcides. A lenta trajetória da construção do porto de Laguna. **História Econômica & História de Empresas**, v. 10, n. 1, p. 83–116, 2012. DOI: 10.29182/hehe.v10i1.75.

GUIMARÃES, L.; LIMA, T.; FRANÇA, E.; ARRUDA, G.; SOUZA, J.; ALBERGARIA-BARBOSA, Ana Cecília Rizzatti De. Impactos da mudança de vegetação local no aporte de matéria orgânica para um estuário tropical preservado (estuário do rio Itapicuru – BA). **Química Nova**, v. 42, n. 6, p. 611–618, 2019.

HOEGH-GULDBERG, O.. Climate change, coral bleaching and the future of the world's coral reefs. **Marine Freshwater & Research**, v. 50, p. 839–866, 1999.

HOGARTH, P. J. **The Biology of Mangroves and Seagrasses**. 3rd. ed. Oxford, 2015.

HOGG, A. G.; HUA, Q.; BLACKWELL, P. G.; NIU, M.; BUCK, C. E.; GUILDERSON, T. P.; HEATON, T.J.; PALMER, J. G.; REIMER, P. J.; REIMER, R. W.; TURNEY, C.S. M.; ZIMMERMAN, S. R. H. Shcal13 southern hemisphere calibration, 0–50,000 years cal bp. **Radiocarbon**, v. 55, n. 4, p. 1889–1903, 2013.

HUANG, Y.; SREET-PERROTT, F. A.; METCALFE, S. E.; BRENNER, M.; MORELAND, M.; FREEMAN, K. H. Climate Change as the Dominant Control on Glacial-Interglacial Variations in C3 and C4 Plant Abundance. **Science**, v. 293, p. 1647–1651, 2001. DOI: 10.1126/science.1060143.

IZART, A.; PALHOL, F.; GLEIXNER, G.; ELIE, M.; BLAISE, T.; SUAREZ-RUIZ, I.; SACHSENHOFER, R. F.; PRIVALOV, V. A.; PANOVA, E. A. Organic Geochemistry Palaeoclimate reconstruction from biomarker geochemistry and stable isotopes of n-alkanes from Carboniferous and Early Permian humic coals and limnic sediments in western and eastern Europe. **Organic Geochemistry**, v. 43, p. 125–149, 2012. DOI: 10.1016/j.orggeochem.2011.10.004.

KAUFMAN, D.; ARIFANTI, V. B.; TREJO, H. H.; JESÚS, C.; NORFOLK, J.; CIFUENTES, M.; HADRIYANTO, D.; MURDIYARSO, D.. A global database of Holocene paleotemperature records. **Scientific Data**, v. 7, n. 1, p. 1–34, 2020. DOI:

10.1038/s41597-020-0445-3.

KILLOPS, S. D.; KILLOPS, V. J. **Introduction to Organic Geochemistry**. 2nd ed. Blackwell, 2005.

KJERFVE, B.. Coastal Lagoons. *In*: KJERFVE, B.. **Coastal lagoon processes**. Elsevier Oceanography Series, 1994. p. 1–8.

KRAUSS, K.W.; KEELAND, B. D.; ALLEN, J. A.; EWEL, K. C.; JOHNSON, D. J. Effects of Season, Rainfall, and Hydrogeomorphic Setting on Mangrove Tree Growth in Micronesia. **BIOTROPICA**, v. 39, n. 2, p. 161–170, 2006.

KUMAR, C. S. R.; RENJITH, K. R.; JOSEPH, M. M.; SALAS, P. M.; RESMI, P.; CHANDRAMOHANAKUMAR, N. Inventory of aliphatic hydrocarbons in a tropical mangrove estuary: a biomarker approach. **Environmental Forensics**, v. 20, n. 4, p. 370–384, 2019. DOI: 10.1080/15275922.2019.1657983.

LINARES, A. P. M.; LÓPEZ-PORTILLO, J.; HERNÁNDEZ-SANTANA, J. R.; PÉREZ, M. A. O.. The mangrove communities in the Arroyo Seco deltaic fan , Jalisco , Mexico , and their relation with the geomorphic and physical – geographic zonation. **Catena**, v. 70, p. 127–142, 2007. DOI: 10.1016/j.catena.2006.05.010.

LINGNER, D. V.; SCHORN, L. A.; SEVEGNANI, L.; DE GASPER, A. L.; MEYER, L.; VIBRANS, A.C.. Dense ombrophilous forest in santa catarina - Brazil: Cluster analysis and ordenation based on systematic sampling. **Ciencia Florestal**, v. 25, n. 4, p. 933–946, 2015. DOI: 10.5902/1980509820595.

LOVELOCK, C. E.; ELLISON, J.. Vulnerability of mangroves and tidal wetlands of the Great Barrier Reef to climate change. *In*: JOHNSON, J. E.; MARSHALL, P. A.; Greaty Barrier Reef Marina Park Authority. **Climate change and The Great Barrier Reef: A vulnerability assessment**. 2007. p. 237–269.

MACEDO, W. R.. **Bioativador em culturas monocotiledoneas: avaliações bioquímicas, fisiológicas e da produção**. 2012. Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em Ciências: Fisiologia e Bioquímica de Plantas. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba , 2012.

MACHADO, M. A.. **Mapa geomorfológico preliminar do Complexo Lagunar Sul Catarinense e análise paleoambiental da Lagoa do Imaruí apoiada em furos de sondagem**. 2008. Trabalho de conclusão de curso para obtenção do grau de bacharel em geografia. Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

MARANGONI, J. C.; COSTA, C. S. B.. Diagnóstico ambiental das marismas no estuário da lagoa dos patos – RS. **Atlântica**, v. 31, n. 1, p. 85–98, 2009. DOI: 10.5088/atl.

MATOS, C. R. L.; BERRÊDO, J. F.; MACHADO, W.; SANDERS, C. J.; METZGER, E.; COHEN, M. C. L. Carbon and nutrient accumulation in tropical mangrove creeks, Amazon region. **Marine Geology**, v. 429, n. 106317, 2020. DOI:

10.1016/j.margeo.2020.106317.

MAZDA, Y.; WOLANSKI, E.; KING, B.; SASE, A.; OHTSUKA, D.; MAGI, M. Drag force due to vegetation in mangrove swamps. **Mangroves and Salt Marshes**, v. 1, n. 3, p. 193–199, 1997. DOI: 10.1023/A:1009949411068.

MAZDA, Y.; WOLANSKI, E.. Hydrodynamics and Modeling of Water Flow in Mangrove Areas. *In*: **Coastal Wetlands: An Integrated Ecosystem Approach**. 1st ed. ed.: Elsevier, 2009. p. 231–262. DOI: 10.1016/B978-0-444-53103-2.00008-9.

MCCAFFREY, M. A.; FARRINGTON, J. W.; REPETA, D. J. The organic geochemistry of Peru margin surface sediments: II. Paleoenvironmental implications of hydrocarbon and alcohol profiles. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v. 55, n. 2, p. 483–498, 1991. DOI: 10.1016/0016-7037(91)90006-Q.

MCCALLISTER, S. L.; BAUER, J. E.; DUCKLOW, H. W.; CANUEL, E. A. Sources of estuarine dissolved and particulate organic matter: A multi-tracer approach. **Organic Geochemistry**, v. 37, n. 4, p. 454–468, 2006. DOI: 10.1016/j.orggeochem.2005.12.005.

MENDONÇA, F.. Aquecimento Global e Suas Manifestações Regionais E Locais: Alguns Indicadores Da Região Sul Do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 2, p. 71–86, 2006. DOI: 10.5380/abclima.v2i0.25388.

MONTEIRO, M.A.. Caracterização climática do estado de Santa Catarina : uma abordagem dos principais sistemas atmosféricos que atuam durante o ano . **Geosul**, p. 69–78, 2001.

MUDGE, S. M.; NORRIS, C. E. Lipid biomarkers in the Conwy Estuary (North Wales , U. K.) : a comparison between fatty alcohols and sterols. **Marine Chemistry**, v. 57, p. 61–84, 1997.

MUMBY, P. J.; EDWARDS, A. J.; LEZ, J. E. A.-G.; LINDEMAN, K. C.; BLACKWELL, Paul G.; GALL, A.; GORCZYNSKA, M. I.; HARBORNE, A. R.; PESCOD, C.L.; RENKEN, H.; WABNITZ, C. C. C.; LLEWELLYN, G.. Mangroves enhance the biomass of coral reef fish communities in the Caribbean. **Journal of Geophysical Research: Solid Earth**, v. 427, p. 533–536, 2003. DOI: 10.1029/2001jb001194.

NAIDOO, G.; TUFFERS, A. V.; WILLERT, D. J. V.. Changes in gas exchange and chlorophyll fluorescence characteristics of two mangroves and a mangrove associate in response to salinity in the natural environment. **Trees**, p. 140–146, 2002. DOI: 10.1007/s00468-001-0134-6.

NETTO, S. Características oceanográficas da área de proteção ambiental da baleia franca. **Plano de manejo da APA Baleia Franca**, 2018.

PARIDA, A.; DAS, A.; MITTRA, B.. Effects of salt on growth , ion accumulation , photosynthesis and leaf anatomy of the mangrove , *Bruguiera parviflora*. **Tress - Structure and function**, 18, 167-174, 2004. DOI: 10.1007/s00468-003-0293-8.

PARMESAN, C.. Ecological and Evolutionary Responses to Recent Climate Change. **The Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, p. 637–671, 2006. DOI: 10.1146/annurev.ecolsys.37.091305.110100.

PEÑUELAS, J.; FILELLA, I. Responses to a Warming World. **Nature**, v. 793, p. 793–795, 2002. DOI: 10.1126/science.1066860.

PESSENDA, L.; BUSO A. A. ; GOUVEIA, S. E. M.; LORENTE, F. DE L.; FRANCISQUINI, M. I. Estudos interdisciplinares na reconstrução milenar da dinâmica climática , da vegetação e marinha no Brasil. **Centro de Energia Nuclear na Agricultura**, CENA/USP, São Paulo, 2015.

PESSENDA, L. C. R.; SAIA, S. E. M. G.; GOUVEIA, S.E. M.; LEDRU, M. P.; SIFEDDINE, A.; AMARAL, P. G. C.; BENDASSOLLI, J. A. Last millennium environmental changes and climate inferences in the Southeastern Atlantic forest, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, . v. 82, n. 3, p. 717–729, 2010. DOI: 10.1590/S0001-37652010000300019.

PESSENDA, L. C. R.; VIDOTTO, E.; DE OLIVEIRA, P. E.; BUSO, A. A.; COHEN, M. C. L.; ROSSETTI, D. de F.; RICARDI-BRANCO, F.; BENDASSOLLI, J. A. Late Quaternary vegetation and coastal environmental changes at Ilha do Cardoso mangrove, southeastern Brazil. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 363–364, p. 57–68, 2012. DOI: 10.1016/j.palaeo.2012.08.014.

PHILP, R. P.. Biological markers in fossil fuel production. **Mass Spectrometry Reviews**, v. 4, p. 1–54, 1985.

POLIDORO, B. A.; CARPENTER, K. E.; COLLINS, L.; DUKE, N. C.; ELLISON, A. M.; ELLISON, J. C.; FARNSWORTH, E. J.; FERNANDO, E. S.; KATHIRESAN, K.; KOEDAM, N. E.; LIVINGSTONE, S. R.; MIYAGI, T.; MOORE, G. E.; NAM, V. N.; ONG, J. E.; PRIMAVERA, J. H.; SALMO, S. G.; SANCIANGCO, J. C. SUKARDJO, S.; WANG, Y.; YONG, J. W. H.. The loss of species: Mangrove extinction risk and geographic areas of global concern. **PLoS ONE**, v. 5, n. 4, p. 1–10, 2010. DOI: 10.1371/journal.pone.0010095.

POYNTER, J. G.; FARRIMON, P.; ROBINSON, N.; ENGLINTON, G. Aeolian-derived higher plant lipids in the marine sedimentary record: links with palaeoclimate. In: LEINEN, M.; SARNTHEIN, M. **Paleoclimatology and Paleometeorology: Modern and Past Patterns of Global Atmospheric Transport**, v. 282, p. 435–462, 1989.

RAMASWAMY, V.; GAYE, B.; SHIRODKAR, P. V.; RAO, P. S.; CHIVAS, A. R.; WHEELER, D.; THWIN, S.. Distribution and sources of organic carbon, nitrogen and their isotopic signatures in sediments from the Ayeyarwady (Irrawaddy) continental shelf, northern Andaman Sea. **Marine Chemistry**, v. 111, n. 3–4, p. 137–150, 2008. DOI: 10.1016/j.marchem.2008.04.006.

RANJAN, R.; ROUTH, J.; KLUMP, J. Val; RAMANATHAN, A. L. Sediment

biomarker pro fi les trace organic matter input in the Pichavaram mangrove complex , southeastern India. **Marine Chemistry**, v. 171, p. 44–57, 2015. DOI: 10.1016/j.marchem.2015.02.001.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia Vegetal**. 5 ed.: Guanabara Koogan, 1996.

REIMER, P. J.; REIMER, P. J.; BARD, E.; BAYLISS, A.; BECK, J. W.; BLACKWELL, P. G.; RAMSEY, C. B.; BUCK, C.E.; CHENG, H.; EDWARDS, R L.; FRIEDRICH, M.; GROOTES, P. M.; GUILDERTON, T. P.; HAFLIDASON, H.; HAJDAS, I.; HATTÉ, C.; HEATON, T. J.; HOFFMANN, D.L.; HOGG, A. G.; HUGHEN, K. A.; KAISER, K. F.; KROMER, B.; MANNING, S. W.; NIU, M.; REIMER, R. W.; RICHARDS, D. A.; SCOTT, E. M.; SOUTHON, J. R.; STAFF, R. A.; TURNEY, C. S.M.; PLICHT, J. V. D. Intcal13 and Marine13 Radiocarbon Age Calibration Curves 0–50,000 Years Cal Bp. **Radiocarbon**, v. 55, n. 4, p. 1869–1887, 2013. DOI: 10.1017/S0033822200048864.

RESMI, P.; MANJU, M. N.; GIREESHKUMAR, T. R.; KUMAR, C. S. Ratheesh; CHANDRAMOHANAKUMAR, N. Source characterisation of Sedimentary organic matter in mangrove ecosystems of northern Kerala, India: Inferences from bulk characterisation and hydrocarbon biomarkers. **Marine Science**, p. 43–54, 2016. DOI: 10.1016/j.rsma.2016.05.006.

SCHEFUSS, E.; SCHOUTEN, S.; JANSEN, J. H. F.; DAMSTÉ, J. S. S. African vegetation controlled by tropical sea surface temperatures in the mid-Pleistocene period. **Nature**, v. 422, p. 2–5, 2003. DOI: 10.1038/nature01503.1.

SCHERER, M.; FERREIRA, C. M.; MUDAT, J.; CATANEO, S.. Urbanização e Gestão do Litoral Centro-Sul do Estado de Santa Catarina. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 13, p. 31–50, 2006. DOI: 10.5380/dma.v13i0.4873.

SDM - SECRETARIA DE ESTADO DO DESENVOLVIMENTO URBANO E MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SANTA CATARINA. **Uso do solo e cobertura vegetal: Plano integrado de recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo lagunar**. Florianópolis: SDM, Diretoria de recursos naturais e gestão ambiental, Gerência de gestão de recursos hídricos, 2002. Disponível em: http://www.aguas.sc.gov.br/index.php?option=com_k2&view=item&layout=item&id=1904&Itemid=248&jsmallfib=1&dir=JSROOT/DHRI/Planos+de+Bacias/Plano+da+Bacia+Hidrografica+do+Rio+Tubarao+e+Complexo+Lagunar/Volume+I. Acesso em: 1 de julho de 2020.

SEMENIUK, V. Mangrove distribution in Northwestern Australia in relationship to regional and local freshwater seepage. **Vegetatio**, v. 53, n. 1, p. 11–31, 1983. DOI: 10.1007/BF00039767.

SERICANO, J. L. Quantitative determination of chlorinated hydrocarbons by gas chromatography/electron capture detection. *In*: U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS; WESTON SOLUTIONS. **Quality assurance project plan, final**. v. 3, p. 44–64, 1998.

SOARES, J. F.. **Estabelecimento e expansão dos manguezais de laguna-sc: efeito do aquecimento global ou resultado de processos sedimentares?**. 2018. Dissertação para obtenção do grau de mestre em Geologia e Geoquímica. Universidade Federal do Pará, Belém, 2018.

SOARES, M. L. G.; ESTRADA, G. C. D.; FERNANDEZ, Viviane; TOGNELLA, M. M. P.. Southern limit of the Western South Atlantic mangroves: Assessment of the potential effects of global warming from a biogeographical perspective. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 101, p. 44–53, 2012. DOI: 10.1016/j.ecss.2012.02.018.

SOUZA FILHO, J.; COSTA, S. W. da; TUTIDA, L. M.; FRIGO, T. B.; HERZOG, D. **Custo de produção do camarão marinho**. Florianópolis: Instituto Cepa/SC/Epagri, 2003.

SUTILLI, M.; COMBI, T.; GARCIA, M. R. D.; MARTINS, C. C. One century of historical deposition and flux of hydrocarbons in a sediment core from a South Atlantic RAMSAR subtropical estuary. **Science of the Total Environment**, v. 706, p. 136017, 2020. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.136017.

TAKADA, H.; SATOH, F.; BOTHNER, M. H.; TRIPP, B. W.; JOHNSON, C. G.; FARRINGTON, J. W. Anthropogenic Molecular Markers : Tools To Identify the Sources and Transport Pathways of Pollutants. *In*: Eganhouse, R. P. **Molecular Markers in Environmental Geochemistry**. 1997. p. 178–195.

TAROZO, R.; FRENA, M.; MADUREIRA, L. A. S. Geochemical Markers as a Tool to Assess Sedimentary Organic Matter Sources of the Laguna Estuarine System, South Brazil: Aliphatic and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 21, n. 12, p. 2308–2318, 2010.

TISSOT, B.; WELTE, D. **Petroleum Formation and Occurrence**. 2nd ed. Berlin: Springer-Verlag, 1984.

TWILLEY, Robert R.; RIVERA-MONROY, Victor H. Developing Performance Measures of Mangrove Wetlands Using Simulation Models of Hydrology , Nutrient Biogeochemistry , and Community Dynamics. **Journal of Coastal Research**, n. 40, p. 79–93, 2014.

VARGAS, B. M.; FREIRE, P. C. da S.; ACCETTA, D.; UHRENHOLDT, T.; AMORIM, J. C. C. **Estudos de circulação d'água e de dispersão de poluentes no complexo lagunar sul de Santa Catarina**. *In*: XIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2001, Aracaju.

VIDOTTO, E.; PESSEDA, L. C. R.; RIBEIRO, A. de S.; FREITAS, H. A. de; BENDASSOLLI, J. A.. Dinâmica do ecótono floresta-campo no sul do estado do Amazonas no Holoceno , através de estudos isotópicos e fitossociológicos. **Acta Amazonica**, v. 37, n. 79, p. 385–400, 2007.

VOLKMAN, J.; HOLDSWORTH, D.; NEILL, G.; JR, H. Bavor. Identification of

natural, anthropogenic and petroleum hydrocarbons in aquatic sediments. **The Science of the Total Environment**, v. 112, p. 203–29, 1992.

WADE, T. L.; CANTILLO, A. Y. Use of standards and reference materials in the measurement of chlorinated hydrocarbon residues: Chemistry Workbook. *In*: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. **NOAA Technical Memorandum**. UNESCO, 1994. p. 59.

WALTHER, G.; POST, E.; CONVEY, P.; MENZEL, A.; PARMESAN, C.; BEEBEE, T. J. C.; FROMENTIN, J.; HOEGH-GULDBERG, O.; BAIRLEIN, F.. Ecological responses to recent climate change. **Nature**, p. 389–395, 2002.

WENTWORTH, Chester K. A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments. **The Journal of Geology**, v. 30, n. 5, p. 377–392, 1922. DOI: 10.1086/622910.

WILDNER, W.; CAMOZZATO, E.; TONIOLO, J. A.; BINOTTO, R. B.; IGLESIAS, C. M. F.; LAUX, J. H. Mapa geológico do Estado de Santa Catarina. Porto Alegre: CPRM, 2014. Escala 1:500.000. Geologia do Brasil e de Cartografia Geológica Regional. **Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, Ministério de Minas e Energia, Serviço Geológico do Brasil**, 2014.

XIMENES, A. C.; MAEDA, E. E.; ARCOVERDE, G. F. B.; DAHDOUNH-GUEBAS, F.. Spatial assessment of the bioclimatic and environmental factors driving mangrove tree species' distribution along the Brazilian coastline. **Remote Sensing**, v. 8, n. 6, 2016. DOI: 10.3390/rs8060451.

XIMENES, A. C.; PONSONI, L.; LIRA, C. F.; KOEDAM, N.; DAHDOUNH-GUEBAS, F.. Does Sea Surface Temperature contribute to determining range limits and expansion of mangroves in Eastern South America (Brazil)? **Remote Sensing**, v. 10, n. 11, p. 1–12, 2018. DOI: 10.3390/rs10111787.

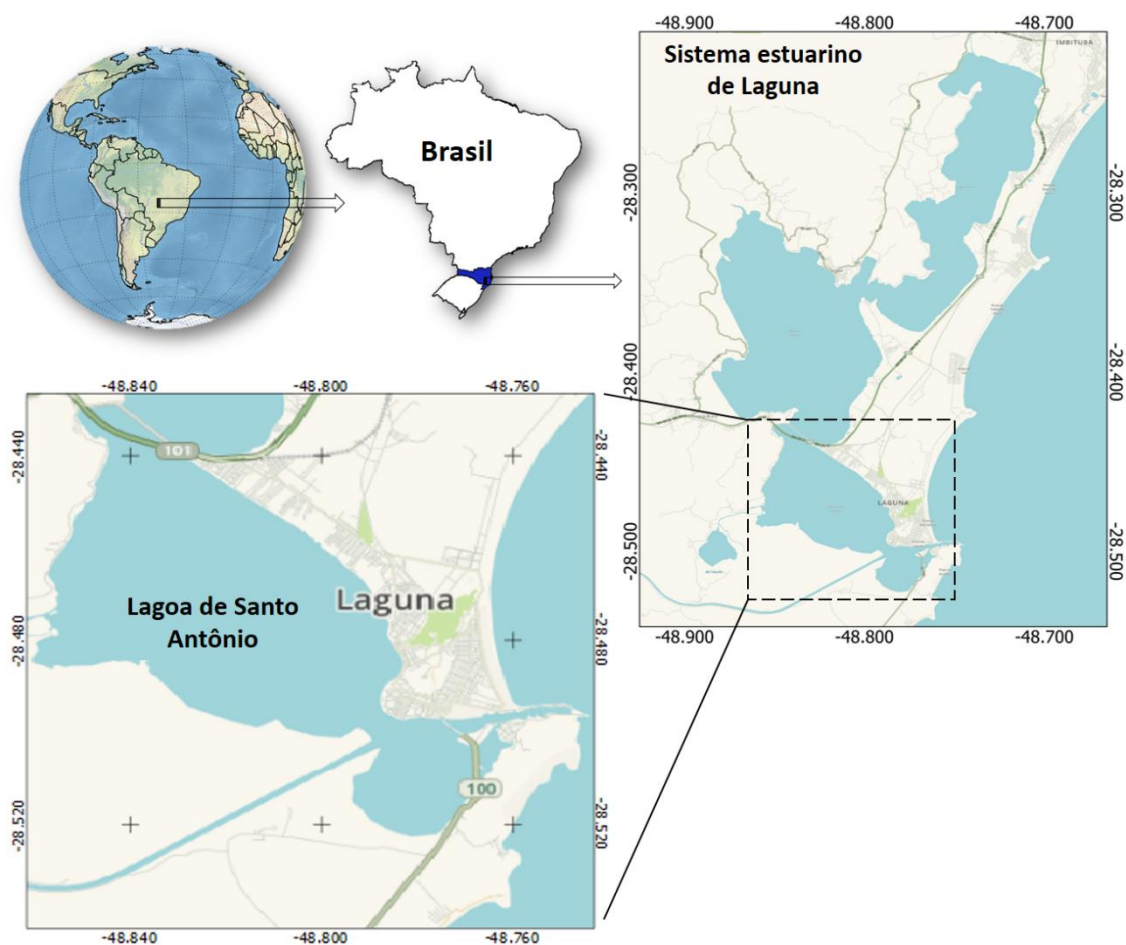
XING, L.; ZHANG, H.; YUAN, Z.; SUN, Y.; ZHAO, M.. Terrestrial and marine biomarker estimates of organic matter sources and distributions in surface sediments from the East China Sea shelf. **Continental Shelf Research**, v. 31, n. 10, p. 1106–1115, 2011. DOI: 10.1016/j.csr.2011.04.003.

APÊNDICE A

I Condição limitante para manguezal na Lagoa de Santo Antônio

A lagoa de Santo Antônio (LSA, Figura 6) faz parte do setor norte do complexo lagunar sul catarinense. Ela está localizada no município de Laguna, e é considerada o limite sul da ocorrência de manguezais no Oceano Atlântico Oeste (ALVES, 2001; XIMENES et al., 2018). O manguezal da LSA vem sido descrito como pouco desenvolvido e possui a presença das espécies *Laguncularia sp.* e *Avicennia sp.* (FONSECA; NETTO, 2006; NETTO, 2018; SOARES et al., 2012; XIMENES et al., 2016, 2018).

Figura 6 – Localização geográfica do Brasil, Santa Catarina, Sistema estuarino de Laguna e da lagoa de Santo Antônio.
Fonte: Autor



O clima de Santa Catarina é um dos principais condicionantes para que a região seja o limite de ocorrência dos manguezais. Ele é bastante influenciado pelo relevo. A pluviosidade no estado é diferente nas regiões litorâneas e nas regiões com relevo alto, devido a formação de chuvas orográficas. Regiões litorâneas também têm menores temperaturas que aquelas com maior altitude (MONTEIRO, 2001). Essa diferença na pluviosidade e temperatura pode gerar mudanças no aporte de nutrientes para o manguezal, contribuindo ou não para um maior desenvolvimento estrutural da floresta (CINTRON; SCHAEFFER-NOVELLI, 1981).

Associado ao relevo, há ainda a influência de massas de ar sobre o estado. No verão, o estado é dominado pela Massa Tropical Atlântica, com maiores índices de pluviosidade (MONTEIRO, 2001). No inverno, a influência da Massa Polar Atlântica aumenta e, conseqüentemente, a temperatura do estado diminui (MONTEIRO, 2001). Esse avanço da Massa Polar Atlântica, junto com as correntes oceânicas mais frias, suprimem a expansão dos manguezais no sul do país (ALVES, 2001; XIMENES et al., 2016, 2018). As espécies de mangue são pouco tolerantes as baixas temperaturas, sendo mais adaptadas a regiões tropicais (CUNHA-LIGNON et al., 2009). Estudos já mostraram que extremos de temperatura nos limites latitudinais do ecossistema manguezal tendem a reduzir o crescimento e número de espécies de mangue (KRAUSS et al., 2006; XIMENES et al., 2016, 2018), podendo apresentar árvores com alturas menores que dois metros (CINTRON; SCHAEFFER-NOVELLI, 1981). Contudo, nos últimos anos, Cohen et al. (2020) observaram um maior desenvolvimento dos manguezais na LSA, onde algumas árvores de *Laguncularia sp.* e *Avicennia sp.* chegam, aproximadamente, a 5 e 11 m de altura, respectivamente.

II *n*-Alcanos

A caracterização das fontes terrígenas de MO para o ambiente marinho pode ser avaliada através de marcadores orgânicos moleculares (ALBAIGÉS; ALGABA; GRIMALT, 1984; ALBERGARIA-BARBOSA, 2013; GIREESHKUMAR; DEEPULAL; CHANDRAMOHANAKUMAR, 2013; HU et al., 2009; RANJAN et al., 2015). Estes compostos apresentam especificidade de fonte e alta estabilidade química (MUDGE; NORRIS, 1997; PHILP, 1985; TAKADA et al., 1997; VOLKMAN et al.,

1992). Após sua deposição, permanecem nos sedimentos, podendo ser associados a um determinado tipo de evento ou fonte de MO (COLOMBO et al., 1989). Dentre os marcadores orgânicos moleculares mais estudados, podemos citar os *n*-alcanos, que são hidrocarbonetos alifáticos saturados de cadeia linear e suas principais fontes naturais para a maioria dos ambientes marinhos são as plantas terrestres e o fitoplâncton (FRENA et al., 2017; GUIMARÃES et al., 2019; IZART et al., 2012; RANJAN et al., 2015; RESMI et al., 2016; TAROZO; FRENA; MADUREIRA, 2010; TISSOT; WELTE, 1984; VOLKMAN et al., 1992; XING et al., 2011).

A biossíntese dos *n*-alcanos se dá através da descarboxilação de ácidos graxos, que contêm, geralmente, número par de átomos de carbono. Assim, os *n*-alcanos produzidos biologicamente tendem a ter, predominantemente, número ímpar desse elemento (KILLOPS; KILLOPS, 2005). Há também uma diferenciação dos *n*-alcanos produzidos por plantas superiores conforme o ciclo fotossintético. Na vegetação do tipo C₃ (ou síntese através do Ciclo de Calvin), a fixação do carbono do CO₂ é catalisada somente pela enzima rubisco (PESSENDA et al., 2015; RAVEN; EVERT; EICHHORN, 1996). Já as plantas que utilizam o ciclo fotossintético do tipo C₄, fixam o carbono em moléculas orgânicas através da enzima PEP-carboxilase (PESSENDA et al., 2015; RAVEN; EVERT; EICHHORN, 1996). Os *n*-alcanos produzidos por estes produtores primários apresentam um maior número de carbonos (POYNTER et al., 1989; SCHEFUSS et al., 2003). Isso se dá, principalmente, para evitar a perda de água, já que plantas do tipo C₄ vivem sob maior estresse hidrológico e são mais adaptadas a altas intensidades luminosas, temperaturas mais elevadas e climas mais secos (RAVEN; EVERT; EICHHORN, 1996). Assim, enquanto as plantas do tipo C₃ produzem principalmente o *n*-C₂₉, as do tipo C₄ produzem principalmente o *n*-C₃₁ (POYNTER et al., 1989; SCHEFUSS et al., 2003). As macrófitas aquáticas, por terem maior contato com a água, sintetizam preferencialmente *n*-alcanos intermediários (*n*-C₂₃ e *n*-C₂₅; FICKEN et al., 2000).

Baseando-se nas distribuições características dos compostos por cada grupo de produtor primário, a origem dos *n*-alcanos pode ser facilmente atribuída através da aplicação de determinadas razões das concentrações dos compostos individuais encontrados.

O Índice de Produção Aquática (Paq; Equação 1) é usado para diferenciar o predomínio da contribuição de macrófitas e de plantas terrígena para a MO depositada em um ambiente sedimentar aquático (FICKEN et al., 2000; HUANG et al., 2001). Esse parâmetro avalia as concentrações de *n*-alcanos de cadeias intermediárias (*n*-C₂₃ - *n*-C₂₅) e de alta massa molecular (*n*-C₂₉ - *n*-C₃₁). Valores menores que 0,1 são típicos de plantas terrígenas; entre 0,1 e 0,4, de macrófitas emersas; e maiores que 0,4, de macrófitas submersas/flutuantes (FICKEN et al., 2000). Essa razão também pode ser usada para avaliar contribuições de monocotiledônea (Paq < 0,1) e eudicotiledôneas (Paq > 0,1; ALBERGARIA-BARBOSA, 2013) para a MO sedimentar.

$$\text{Paq} = \frac{[n-C_{23}] + [n-C_{25}]}{[n-C_{23}] + [n-C_{25}] + [n-C_{29}] + [n-C_{31}]} \quad \text{(Equação 1)}$$

O NORM31 (Equação 2) auxilia na avaliação da distribuição dos *n*-alcanos de alta massa molecular (*n*-C₂₉ e *n*-C₃₁). Ele é usado para diferenciar as contribuições terrígenas do tipo C₃ e C₄ para a MO depositada. Valores inferiores a 0,5 indicam predomínio de plantas superiores tipo C₃ (POYNTER et al., 1989). Valores superiores a 0,5 sugerem que a fonte predominante entre os *n*-alcanos de origem terrígena são as gramíneas do tipo C₄ (POYNTER et al., 1989). Albergaria-Barbosa (2013) também verificou que valores menores que 0,5 estão associados à vegetação de manguezal e valores maiores que 0,5 representam MO provinda de vegetação restinga/mata ciliar.

$$\text{NORM31} = \frac{[n-C_{31}]}{[n-C_{29}] + [n-C_{31}]} \quad \text{(Equação 2)}$$

O Índice Preferencial de Carbono (IPC; Equação 3) verifica, dentre as cadeias intermediárias e longas de *n*-alcanos (*n*-C₂₄ a *n*-C₃₄), se existe um predomínio de compostos com números ímpares de carbono sobre os pares. Ele é usado para avaliar se a MO encontrada em uma região é natural ou antropogênica (contaminação por petróleo; EGLINTON; HAMILTON, 1967). Valores próximos a 1,0 mostram um predomínio dessa última fonte, enquanto valores maiores que 1,0 mostram predomínio de fontes biogênicas terrígenas (ABOUL-KASSIM; SIMONEIT, 1996). Bray e Evans (1961) também sugerem que valores próximo a 1,0 indicam MO sintetizadas por bactérias, algas

ou uma MO mais degradada. Albergaria-Barbosa (2013) também verificou que valores de IPC maiores que 5,0 são típicos de MO provida de plantas eudicotiledôneas; e valores menores que 5,0, de monocotiledôneas (macrófitas).

$$\text{IPC} = \frac{1}{2} \left(\frac{[n-C_{25}] + [n-C_{27}] + [n-C_{29}] + [n-C_{31}] + [n-C_{33}]}{[n-C_{24}] + [n-C_{26}] + [n-C_{28}] + [n-C_{32}]} + \frac{[n-C_{25}] + [n-C_{27}] + [n-C_{29}] + [n-C_{31}] + [n-C_{33}]}{[n-C_{26}] + [n-C_{28}] + [n-C_{32}] + [n-C_{34}]} \right) \quad \text{(Equação 3)}$$

No quadro 1 a seguir são mostradas os principais limites das razões diagnósticas aqui apresentadas e utilizadas em avaliações ambientais.

Quadro 1 - Razões diagnósticas utilizadas na avaliação das fontes de *n*-alcanos, bem como alguns de seus valores limites usados nessa identificação (Paq = Índice de Produção Aquática; NORM31; IPC = Índice Preferencial do Carbono)

Índice	Limites	Origens	Referências
Paq	< 0,1	Plantas terrígenas	FICKEN et al., 2000
	0,1 – 0,4	Macrófitas emersas	
	> 0,4	Macrófitas submersas/flutuantes	
NORM31	< 0,1	Monocotiledôneas	ALBERGARIA-BARBOSA, 2013
	> 0,1	Eudicotiledôneas	
	< 0,5	Manguezal	ALBERGARIA-BARBOSA, 2013
	> 0,5	Mata ciliar/ restinga	
IPC	< 0,5	Plantas superiores tipo C ₃	POYNTER et al., 1989
	> 0,5	Plantas superiores tipo C ₄	
	< 1,0	Contaminação por petróleo	ABOUL-KASSIM; SIMONEIT, 1996
	> 1,0	Biogênica terrígena	
	≈1,0	Bactérias, algas, matéria orgânica degradada	BRAY; EVANS, 1961
	< 5,0	Monocotiledôneas	ALBERGARIA-BARBOSA, 2013
> 5,0	Eudicotiledôneas		

MATERIAL SUPLEMENTAR

Tabela MS1- Valor das concentrações (mg L⁻¹ em peso seco) dos *n*-alcanos de *n*-C₂₀ a *n*-C₃₅ encontrados na análise de sete brancos fortificadas (BF 1 a BF 7) e o limite de detecção do método (LDM), em mg L⁻¹, calculado a partir da multiplicação do desvio padrão (DP) dos valores das concentrações encontrados por três.

	BF 1	BF 2	BF 3	BF 4	BF 5	BF 6	BF 7	DP	LDM
<i>n</i> -C ₂₀	6,50	6,64	5,78	6,21	7,04	7,59	7,82	0,73	2,20
<i>n</i> -C ₂₁	5,77	5,95	5,05	5,26	5,954	6,48	6,63	0,58	1,74
<i>n</i> -C ₂₂	5,95	6,65	5,39	5,60	6,163	6,66	6,73	0,54	1,63
<i>n</i> -C ₂₃	5,78	7,37	5,80	5,88	6,184	6,66	6,76	0,60	1,80
<i>n</i> -C ₂₄	5,79	8,38	6,37	6,26	6,34	6,83	7,02	0,84	2,51
<i>n</i> -C ₂₅	5,64	8,48	6,41	6,24	6,334	6,75	6,93	0,89	2,67
<i>n</i> -C ₂₆	5,70	8,69	6,56	6,38	6,424	6,91	7,08	0,94	2,81
<i>n</i> -C ₂₇	5,45	7,70	5,96	5,92	6,066	6,62	6,77	0,74	2,23
<i>n</i> -C ₂₈	5,51	7,18	5,66	5,81	6,072	6,69	6,81	0,65	1,94
<i>n</i> -C ₂₉	5,43	6,77	5,45	5,76	6,105	6,79	6,86	0,64	1,92
<i>n</i> -C ₃₀	5,37	6,52	5,32	5,66	6,128	6,79	6,88	0,66	1,97
<i>n</i> -C ₃₁	5,43	6,42	5,27	5,64	6,124	6,83	6,87	0,65	1,96
<i>n</i> -C ₃₂	5,39	6,30	5,21	5,57	6,095	6,86	6,85	0,67	2,02
<i>n</i> -C ₃₃	5,21	6,08	5,05	5,45	6,025	6,86	6,79	0,72	2,17
<i>n</i> -C ₃₄	5,28	6,11	5,19	5,46	6,091	7,02	6,97	0,76	2,28
<i>n</i> -C ₃₅	5,35	6,18	5,30	5,42	6,118	7,08	6,94	0,74	2,23

Tabela MS2 - Valor das concentrações dos *n*-alcanos de *n*-C₂₀ a *n*-C₃₅, em µg g⁻¹ em peso seco, encontrados nas amostras brancos (BR) avaliadas no presente estudo

	BR 1	BR 2	BR 3
<i>n</i> -C ₂₀	<LDM	<LDM	<LDM
<i>n</i> -C ₂₁	<LDM	<LDM	<LDM
<i>n</i> -C ₂₂	<LDM	<LDM	<LDM
<i>n</i> -C ₂₃	<LDM	<LDM	<LDM
<i>n</i> -C ₂₄	<LDM	<LDM	<LDM
<i>n</i> -C ₂₅	<LDM	<LDM	<LDM
<i>n</i> -C ₂₆	<LDM	<LDM	<LDM
<i>n</i> -C ₂₇	<LDM	<LDM	<LDM
<i>n</i> -C ₂₈	<LDM	<LDM	<LDM
<i>n</i> -C ₂₉	<LDM	<LDM	<LDM
<i>n</i> -C ₃₀	<LDM	<LDM	<LDM
<i>n</i> -C ₃₁	<LDM	<LDM	<LDM
<i>n</i> -C ₃₂	<LDM	<LDM	<LDM
<i>n</i> -C ₃₃	<LDM	<LDM	<LDM
<i>n</i> -C ₃₄	<LDM	<LDM	<LDM
<i>n</i> -C ₃₅	<LDM	<LDM	<LDM

Tabela MS3 - Concentração ($\mu\text{g g}^{-1}$ em peso seco) dos *n*-alcanos de *n*-C₂₀ a *n*-C₃₅ calculados nas amostras #45 cm e #50 cm do LAG 4 e #75 cm do LAG 5, realizadas em duplicata (A e B), com a diferença percentual relativa (DPR) calculada para os compostos (<LDM = concentrações menores que o limite de detecção do método)

	LAG4 45A	LAG4 45B	DPR (%)	LAG4 50A	LAG4 50B	DPR (%)	LAG5 75A	LAG5 75B	DPR (%)
<i>n</i> -C ₂₀	<LDM	<LDM	0,00	<LDM	<LDM	0,00	<LDM	<LDM	0,00
<i>n</i> -C ₂₁	<LDM	<LDM	0,00	<LDM	<LDM	0,00	<LDM	<LDM	0,00
<i>n</i> -C ₂₂	<LDM	<LDM	0,00	<LDM	<LDM	0,00	<LDM	<LDM	0,00
<i>n</i> -C ₂₃	<LDM	<LDM	0,00	<LDM	<LDM	0,00	<LDM	<LDM	0,00
<i>n</i> -C ₂₄	<LDM	<LDM	0,00	<LDM	<LDM	0,00	<LDM	<LDM	0,00
<i>n</i> -C ₂₅	<LDM	<LDM	0,00	<LDM	<LDM	0,00	<LDM	<LDM	0,00
<i>n</i> -C ₂₆	<LDM	<LDM	0,00	<LDM	<LDM	0,00	<LDM	<LDM	0,00
<i>n</i> -C ₂₇	368	338	6,1	320	355	7,3	454	355	19,3
<i>n</i> -C ₂₈	222	222	0,1	<LDM	<LDM	0,00	<LDM	<LDM	0,00
<i>n</i> -C ₂₉	824	658	15,8	605	624	2,2	906	798	28,9
<i>n</i> -C ₃₀	302	300	0,7	269	326	13,3	<LDM	<LDM	0,00
<i>n</i> -C ₃₁	759	682	7,6	655	680	2,6	395	318	15,2
<i>n</i> -C ₃₂	277	235	11,6	270	288	4,5	<LDM	<LDM	0,00
<i>n</i> -C ₃₃	518	478	5,7	460	485	3,7	315	265	12,1
<i>n</i> -C ₃₄	<LDM	<LDM	0,00	<LDM	<LDM	0,00	<LDM	<LDM	0,00
<i>n</i> -C ₃₅	<LDM	<LDM	0,00	<LDM	<LDM	0,00	<LDM	<LDM	0,00

Tabela MS4 - Concentração ($\mu\text{g g}^{-1}$ em peso seco) dos *n*-alcanos de *n*-C₂₀ a *n*-C₃₅ detectados nos brancos fortificados, suas respectivas recuperações (%) e o cálculo do desvio padrão relativo (DPR) das concentrações encontradas.

	BF1	Recuperação (%)	BF2	Recuperação (%)	BRF 3	Recuperação (%)	DPR (%)
<i>n</i> -C ₂₀	8,3	82,8	9,4	93,6	8,3	82,7	7,2
<i>n</i> -C ₂₁	7,0	70,5	8,0	80,2	7,2	71,8	7,1
<i>n</i> -C ₂₂	7,2	72,5	8,1	81,4	7,2	72,1	7,0
<i>n</i> -C ₂₃	7,3	72,7	8,2	81,7	7,2	72,0	7,2
<i>n</i> -C ₂₄	7,4	74,3	8,5	84,6	7,4	74,0	7,7
<i>n</i> -C ₂₅	7,4	73,5	8,3	83,3	7,3	73,4	7,4
<i>n</i> -C ₂₆	7,5	74,8	8,5	85,1	7,5	75,3	7,4
<i>n</i> -C ₂₇	7,2	71,6	8,2	81,6	7,1	71,1	7,9
<i>n</i> -C ₂₈	7,2	72,4	8,1	81,3	7,2	72,4	6,8
<i>n</i> -C ₂₉	7,3	72,9	8,2	82,0	7,3	72,7	7,0
<i>n</i> -C ₃₀	7,3	73,4	8,2	81,9	7,3	72,7	6,8
<i>n</i> -C ₃₁	7,3	72,9	8,2	81,7	7,3	72,5	6,8
<i>n</i> -C ₃₂	7,2	72,3	8,2	81,6	7,2	72,3	7,1
<i>n</i> -C ₃₃	7,2	71,7	8,1	80,9	7,2	71,7	7,1
<i>n</i> -C ₃₄	7,2	72,3	8,2	82,0	7,3	72,9	7,2
<i>n</i> -C ₃₅	7,1	71,4	8,1	81,4	7,2	72,4	7,3