

# Estudos Teórico-Metodológicos nas Ciências Exatas

Felipe Antonio Machado Fagundes Gonçalves  
(Organizador)



**Atena**  
Editora

Ano 2020

# Estudos Teórico-Methodológicos nas Ciências Exatas

Felipe Antonio Machado Fagundes Gonçalves  
(Organizador)



**Atena**  
Editora

Ano 2020

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação:** Geraldo Alves

**Edição de Arte:** Lorena Prestes

**Revisão:** Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie di Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná

Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília  
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Msc. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Msc. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Msc. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Msc. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
 Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
 Prof. Msc. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
 Prof. Msc. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
 Prof. Msc. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
 Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
 Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
 Prof. Msc. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
 Prof. Msc. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá  
 Prof. Msc. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
E82	<p>Estudos teórico-metodológicos nas ciências exatas [recurso eletrônico] / Organizador Felipe Antonio Machado Fagundes Gonçalves. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.</p> <p>Formato: PDF            Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader            Modo de acesso: World Wide Web            Inclui bibliografia            ISBN 978-65-81740-05-4            DOI 10.22533/at.ed.054201702</p> <p>1. Ciências exatas e da terra. 2. Engenharia. I. Gonçalves, Antonio Machado Fagundes.</p> <p style="text-align: right;">CDD 507</p>
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
 contato@atenaeditora.com.br

## APRESENTAÇÃO

Atualmente, podemos notar a grande necessidade do desenvolvimento das ciências, bem como o aprimoramento dos conhecimentos já adquiridos pela sociedade. Sabe-se também que as ciências exatas cumprem um papel importantíssimo na construção de saberes ligados a humanidade e a tecnologia.

Tal desenvolvimento só se torna capaz por meio de autores que dedicam o seu tempo e estudo na construção teórica-metodológica de pesquisas científicas que vêm contribuir com a sociedade como um todo, encorpando o conhecimento sobre vários assuntos que envolvem as ciências exatas.

Neste e-book como o próprio título sugere, o leitor encontrará uma mescla de assuntos ligados a estudos em ciências exatas nas mais diversas áreas do conhecimento. Desde temas ligados ao ensino de ciências a temas muito particulares envolvendo mecânica, robótica, computação, algoritmos, dentre outros.

Ao leitor, corroboro que esta obra intitulada “Estudos Teórico-Metodológicos nas Ciências Exatas” tem muito a contribuir com a área, podendo engrandecer o trabalho de pesquisadores em ciências exatas nas mais diversas áreas do conhecimento.

Bons estudos

Felipe Antonio Machado Fagundes Gonçalves

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
JOGOS NO 1º ANO DO ENSINO MÉDIO: APRENDENDO AS FUNÇÕES EXPONENCIAIS	
Emiliana Batista de Oliveira Hyanka Cezário de Paula Adriana Aparecida Molina Gomes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0542017021</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>8</b>
ESTIMATIVA DE PARÂMETROS BÁSICOS DE UM SEDIMENTADOR PARA TRATAMENTO DE ÁGUAS SUPERFICIAIS	
Raimundo Tavares Zane Alex Martins Ramos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0542017022</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>17</b>
O ENSINO DE DERIVADAS DE FUNÇÕES SOB A PERSPECTIVA DA TEORIA DE RAYMOND DUVAL	
Renata Gaspar da Costa Geraldo Magella Obolari de Magalhães Oswaldo Antonio Ribeiro Junior Suzana Nunes Rocha Edislana Alves Barros Andrade	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0542017023</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>27</b>
AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO METROLÓGICO DOS MÉTODOS DE MQ E MZ UTILIZADOS EM MMC	
João Pedro Correa Argentin Denise Pizarro Vieira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0542017024</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>35</b>
INTEGRANDO TECNOLOGIA DIGITAL NO CONTEXTO DO ENSINO DE CIÊNCIAS NA PREPARAÇÃO PARA O ENEM	
Lucas Antônio Xavier Chirlei de Fátima Rodrigues José Izaias Moreira Scherrer Neto Kátia Sotelle Maia Luzinete Louzada Bianchi Kahowec Luciano Carneiro Cardozo Mateus Geraldo Xavier	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0542017025</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>45</b>
CONSIDERAÇÕES SOBRE O ESTADO DA ARTE DE MODELOS DE PROPAGAÇÃO PARA A 5ª GERAÇÃO DE COMUNICAÇÃO MÓVEL	
Andréia Vanessa Rodrigues Lopes Fabrício José Brito Barros	

Hugo Alexandre Oliveira da Cruz  
André Augusto Pacheco de Carvalho  
Iury da Silva Batalha  
Jasmine Priscyla Leite de Araújo  
Cristiane Ruiz Gomes

**DOI 10.22533/at.ed.0542017026**

**CAPÍTULO 7 ..... 53**

**AUTOMAÇÃO E INTELIGÊNCIA EM PROCESSOS INDUSTRIAIS**

Késsia Thais Cavalcanti Nepomuceno  
Djamel Fawzi Hadj Sadok

**DOI 10.22533/at.ed.0542017027**

**CAPÍTULO 8 ..... 59**

**FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS APLICADAS NA CONSTRUÇÃO DE  
MODELOS ATOMÍSTICOS DE NANOPARTÍCULAS FUNCIONALIZADAS**

Jônatas Favotto Dalmedico  
Guilherme Camargo  
Bruno de Camargo Barreto Silva  
Alessandro Botelho Bovo  
Fernando José Antonio  
Vagner Alexandre Rigo

**DOI 10.22533/at.ed.0542017028**

**CAPÍTULO 9 ..... 77**

**UTILIZAÇÃO DE CARTAS DE BARALHO NO ENSINO DE ALGORITMOS  
COMPUTACIONAIS**

Suzana Lima de Campos Castro  
Ronaldo Barbosa

**DOI 10.22533/at.ed.0542017029**

**CAPÍTULO 10 ..... 86**

**COMPARAÇÃO DE APROXIMAÇÕES NÃO-HIPERBÓLICAS DE TEMPOS DE  
TRÂNSITO DE DADOS SÍSMICOS UTILIZANDO DIFERENTES ALGORÍTMOS DE  
OTIMIZAÇÃO**

Nelson Ricardo Coelho Flores Zuniga

**DOI 10.22533/at.ed.05420170210**

**CAPÍTULO 11 ..... 91**

**CONSIDERAÇÕES SOBRE O ESTUDO DE ESTADO DA ARTE DO  
DESENVOLVIMENTO DE MODELOS DE PROPAGAÇÃO AR-TERRA EM VEÍCULOS  
AÉREOS NÃO TRIPULADOS**

Andréia Vanessa Rodrigues Lopes  
Fabrício José Brito Barros  
Hugo Alexandre Oliveira da Cruz  
Cristiane Ruiz Gomes  
André Augusto Pacheco de Carvalho  
Iury da Silva Batalha  
Jasmine Priscyla Leite de Araújo

**DOI 10.22533/at.ed.05420170211**

<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>97</b>
VARIABILIDADE DIURNA E TEMPORAL DA ALCALINIDADE TOTAL EM DOIS ESTUÁRIOS DE PERNAMBUCO	
Thiago de Oliveira Caminha Manuel de Jesus Flores Montes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.05420170212</b>	
<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>111</b>
GERENCIAMENTO DE REDES USANDO A FERRAMENTA ZABBIX	
Marco Antônio Corrêa Baião Rômulo Henrique de Carvalho Brandão Lilian Coelho de Freitas	
<b>DOI 10.22533/at.ed.05420170213</b>	
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>123</b>
PROJETO CONCEITUAL DE UMA MINIMÁQUINA-FERRAMENTA MULTIFUNCIONAL CNC	
Gilberto Fernandes Resende de Brito Victor Augusto de Paiva Lopes Vitor Nakayama de Araújo Pires Ferreira João Eduardo Lacerda L. dos Santos Déborah de Oliveira Artur Alves Fiocchi	
<b>DOI 10.22533/at.ed.05420170214</b>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>132</b>
CANOPY WALKING AS A PROPOSAL FOR THE AÇAÍ HARVEST IN AMAZONAS	
Magnólia Grangeiro Quirino Patrícia dos Anjos Braga Sá dos Santos Luiz Guilherme Oliveira Marques Karla Mazarelo Maciel Pacheco	
<b>DOI 10.22533/at.ed.05420170215</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....	<b>144</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>145</b>

## VARIABILIDADE DIURNA E TEMPORAL DA ALCALINIDADE TOTAL EM DOIS ESTUÁRIOS DE PERNAMBUCO

Data de aceite: 07/02/2020

**Thiago de Oliveira Caminha**  
**Manuel de Jesus Flores Montes**

**Fonte financiadora:** CAPES, Edital Ciências do Mar  
43/2013

**RESUMO:** Os estuários possuem um papel essencial no transporte e transformação do carbono de origem continental e atmosférico para o oceano (Sabine et al., 2004), uma vez que aportam solutos que alteram os balanços naturais de íons bicarbonato e geram alcalinidade. A ocupação antrópica que vem ocorrendo nestas áreas leva a um aumento no aporte de nutrientes e matéria orgânica para a zona costeira, devido ao lançamento para os rios e estuários de esgoto sem tratamento (Gaspar 2015). Dessa maneira, a avaliação destes impactos em ambientes estuarinos torna-se importante para a compreensão dos balanços do sistema carbonato nestes locais, podendo oferecer estimativas mais precisas da contribuição de fluxos de CO<sub>2</sub> de zonas costeiras. Neste estudo a alcalinidade total é avaliada em dois estuários com diferentes níveis de impactos antrópicos – Barra da Bacia do Rio Capibaribe (BBRC) mais e Barra Orange (BO) menos impactada - bem como uma

caracterização longitudinal em um braço de mar menos impactado. Os resultados obtidos mostraram que a alcalinidade total da BBRC não sofreu variabilidade diante de maiores aportes de água pluvial, variabilidade esta verificada na BO e ao longo de todo o Canal de Santa Cruz (CSS). O efeito de maiores aportes de água pluvial pode estar sendo contrabalanceado pelo aumento de aporte de nutrientes e matéria orgânica a ser oxidada de esgotos sem tratamento nesta área, comprometendo as flutuações naturais de alcalinidade total e a dinâmica ecológica do ambiente.

**PALAVRAS-CHAVE:** Alcalinidade Total, Sistema Carbonato, Estuários.

### 1 | INTRODUÇÃO

Os estuários possuem um papel essencial no transporte e transformação do carbono de origem continental e atmosférico para o oceano (Sabine et al., 2004), uma vez que aportam solutos que alteram os balanços naturais de íons bicarbonato e geram alcalinidade. A ocupação antrópica que vem ocorrendo nestas áreas leva a um aumento no aporte de nutrientes e matéria orgânica para a zona costeira, devido ao lançamento para os rios e estuários de esgoto sem tratamento (Gaspar

2015). Adicionalmente, estudos realizados por Cai e Wang em 1998 e Wang e Cai em 2004 mostraram que mudanças no uso e ocupação do solo em bacias hidrográficas podem alterar os balanços naturais de íons bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) e gerar alcalinidade em estuários. Dessa maneira, a análise de dados de alcalinidade total é fundamental para fins de compreensão de alguns impactos antrópicos causados em ambientes costeiros.

A alcalinidade pode ser considerada a medida da quantidade de prótons que podem ser aceitos pelas bases fracas presentes na água do mar, geralmente expressa em  $\mu\text{mol kg}^{-1}$ . Sua medida pode ser definida pela equação geral simplificada abaixo, dada pela soma da concentração dos íons bicarbonato com os íons carbonato. Nesta equação, a quantidade de íons carbonato ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) é multiplicada por 2, uma vez que são necessários 2 prótons para que ele seja convertido em  $\text{CO}_2$  (Millero, 2007).

$$\text{TA} \approx [\text{HCO}_3^-] + 2[\text{CO}_3^{2-}] \quad (\text{eq.1})$$

A alcalinidade é um parâmetro do sistema carbonato muito importante para o ambiente marinho, visto o seu papel na regulação de seu pH. O aumento considerável no aporte de matéria orgânica para os estuários advindo de esgotos domésticos e industriais, e a oxidação destes componentes provoca um aumento nas concentrações parciais de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), alterando o balanço do sistema carbonato marinho (Gaspar 2015). Adicionalmente, segundo o IPCC 2014, a utilização de combustíveis fósseis como fonte de energia acarreta um aumento da concentração parcial de  $\text{CO}_2$  na atmosfera, partindo de valores presentes de  $405 \mu\text{atm}$  até acima de  $700 \mu\text{atm}$  no ano de 2100, o que resultará em um aumento da temperatura média do planeta de  $4 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ . Neste contexto os oceanos desempenham papel importante para a redução dos efeitos do aumento do  $\text{CO}_2$  atmosférico – servem de reservatório para o ciclo do carbono (Gaspar, 2015). Contudo, a absorção deste gás de efeito estufa pelos oceanos corresponde ao aumento de  $[\text{CO}_2]$  e de  $[\text{H}^+]$ , o decréscimo do pH e da  $[\text{CO}_3^{2-}]$ , e da taxa de saturação da calcita e aragonita (Borges 2005). Este processo é conhecido como acidificação dos oceanos ou acidificação marinha. Como consequência, organismos calcificantes como corais, macroalgas coralígenas e principalmente organismos planctônicos têm sua calcificação desacelerada (Riebesell et al 2000), trazendo prejuízos para o ecossistema como um todo.

O dióxido de carbono é dissolvido no oceano, reagindo com a água de acordo com a reação abaixo (Millero, 2007):



O ácido carbônico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) é um composto bastante instável, e é dissociado em  $\text{H}^+$  e  $\text{HCO}_3^-$ . Abaixo, as duas equações de equilíbrio químico para o  $\text{HCO}_3^-$  (Millero, 2007), o sistema carbonato marinho:



O ácido carbônico originado da hidratação do  $\text{CO}_2$  reage com os ânions carbonatos e moléculas de água para formar o bicarbonato (Gaspar 2015). A partir deste sistema, o oceano tem a capacidade de neutralizar as mudanças na concentração de  $\text{CO}_2$  atmosférico, sendo tal capacidade já definida por alcalinidade.

A escassez de estudos sobre a dinâmica do sistema carbonato na zona costeira de Pernambuco demanda uma mudança imediata neste quadro, uma vez que a influência que os processos de balanço entre produção de alcalinidade e maior exportação de nutrientes para a zona costeira exercem na magnitude da captura/emissão de  $\text{CO}_2$  ainda é incerta (Borges, 2011). A região costeira pernambucana apresenta abundância em organismos calcificantes, além de ter grande importância socioeconômica visto o seu constante crescimento populacional. A falta de informação sobre os mecanismos reguladores de dióxido de carbono desta região dificulta a realização de medidas de gestão ambiental, uma vez que não se compreende como tais ecossistemas se comportam diante dos impactos antrópicos atuais.

Desta forma, a realização do presente trabalho visa contribuir com informações importantes para os estudos que vêm sendo desenvolvidos no Laboratório de Oceanografia Química (LOQUIM), de maneira a elucidar a dinâmica dos parâmetros do sistema carbonato de ambientes estuarinos com diferentes graus de ocupação e impactos antrópicos que possibilitam o entendimento dos processos de acidificação marinha.

## 1.1 Objetivo Geral

- Determinar a influência das atividades antrópicas nos valores de alcalinidade total, identificando a variabilidade da AT de dois ambientes estuarinos, um com maior (Porto do Recife) e outra com menor influência antrópica (Barra Orange);

### 1.1.1 Objetivos Específicos

- Realizar um estudo sobre a variabilidade espacial e temporal da alcalinidade total (AT) em dois ambientes estuarinos, um poluído (Bacia do Rio Capibaribe) e outro controle (Barra Orange);
- Realizar um estudo sobre a variabilidade espacial e temporal da alcalinidade total ao longo de toda a extensão do Canal de Santa Cruz;
- Determinar a influência das marés no comportamento da alcalinidade total, realizando medições durante um ciclo diurno de marés;
- Elaborar um panorama sobre a relação entre o estado de equilíbrio da

alcalinidade total e a dinâmica dos processos biogeoquímicos que possam influenciar neste balanço.

## 2 | METODOLOGIA

### 2.1 Área de estudo

O Rio Capibaribe percorre cerca de 240km da nascente até sua foz no Oceano Atlântico, localizada no centro da cidade do Recife, cortando 42 municípios do estado e beneficiando uma população de aproximadamente 1.537.704 pessoas (IBGE, 2010), que utilizam suas águas principalmente para recepção de efluentes domésticos, industriais e agroindustriais e para abastecimento público. Sua bacia hidrográfica compreende cerca de 7.557,41 km<sup>2</sup>. Suas margens possuem ocupação urbana e industrial, onde outrora eram ocupados por Mata Atlântica e manguezal, tendo restado poucas áreas com exemplares desses ecossistemas (CPRH 2015). Por consequência, a Bacia do Rio Capibaribe (BRC) vem sendo degradado de maneira intensa, devido a seu grau de ocupação e mau uso.

A ilha de Itamaracá encontra-se localizada mais ao norte do litoral de Pernambuco. Ela é rodeada por um braço de mar, o Canal de Santa Cruz, que possui uma extensão de 22km (Gaspar 2015). Este canal se comunica com o mar ao norte pela Barra Catuama, e ao sul, pela Barra Orange (BO), podendo atingir nestes locais 10m ou mais de profundidade (Flores-Montes, 1996). Sua circulação residual é particular, dependendo da descarga fluvial dos rios que desaguam nele e também da interação não-linear das marés com a morfobatimetria do canal (Medeiros & Kjerfve, 1993). Este possui um grau de ocupação antrópica consideravelmente menor do que a presente às margens do Rio Capibaribe, o que caracteriza a BO como sendo um ambiente controle para análise de variações de alcalinidade total.

Ambos os estuários representam alta relevância no desenvolvimento socioeconômico local. Apesar de sua diferença em densidade populacional, o uso de seus recursos é essencial para o funcionamento da população que reside em seus entornos, uma vez que esses recursos atraíram esta ocupação e ofereceram uma base para o desenvolvimento dessas regiões.

### 2.2 Amostragem

#### *2.2.1 Comparação entre Foz da Bacia do Rio Capibaribe e Barra Orange*

Quatro campanhas de coleta foram realizadas, duas em maio e duas em novembro de 2014 nos dois locais de estudo, um mais (Barra da Bacia do Rio Capibaribe - BBRC) e outro menos (BO) impactado (Figura 1), para avaliação de diferenças espaciais e temporais dos parâmetros analisados. Dados de precipitação

dos locais foram obtidos no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Nestas campanhas foram obtidos dados de temperatura, salinidade, fósforo total, sílica, oxigênio dissolvido e alcalinidade total de amostras de água do mar de superfície (1 m de profundidade). Em cada local, três pontos de coleta foram plotados transversalmente na boca da barra e distribuídos de forma equidistante entre si. Para identificação da variação diurna da alcalinidade total, coletas foram estabelecidas com um intervalo de 3 horas entre si, durante um ciclo diurno de marés.



Figura 1-Áreas de estudo que compõem a comparação entre estuários com diferentes níveis de impactos antrópicos. São discriminadas as estações de coleta para ambas as áreas

### *2.2.2 Caracterização longitudinal do Canal de Santa Cruz*

Duas campanhas de coleta foram realizadas nos meses de julho de 2015 e março e julho de 2016 em seis pontos de coleta distribuídos ao longo de todo o Canal de Santa Cruz (CSS) (Figura 2), a fim de obter dados de temperatura, salinidade, fósforo total, sílica, oxigênio dissolvido e alcalinidade total de amostras de água do mar. Dados de precipitação dos locais foram obtidos no site do INMET. As amostragens, tomadas em água superficial e de fundo para cada estação, foram realizadas da estação 1 até a estação 6 ainda em baixa mar, e depois da estação 6 à estação 1 durante a preamar. Tal desenho amostral fornece informações a respeito do comportamento dos dados analisados em toda a extensão do Canal (gradiente espacial), bem como contempla a influência dos regimes de marés em seus valores.

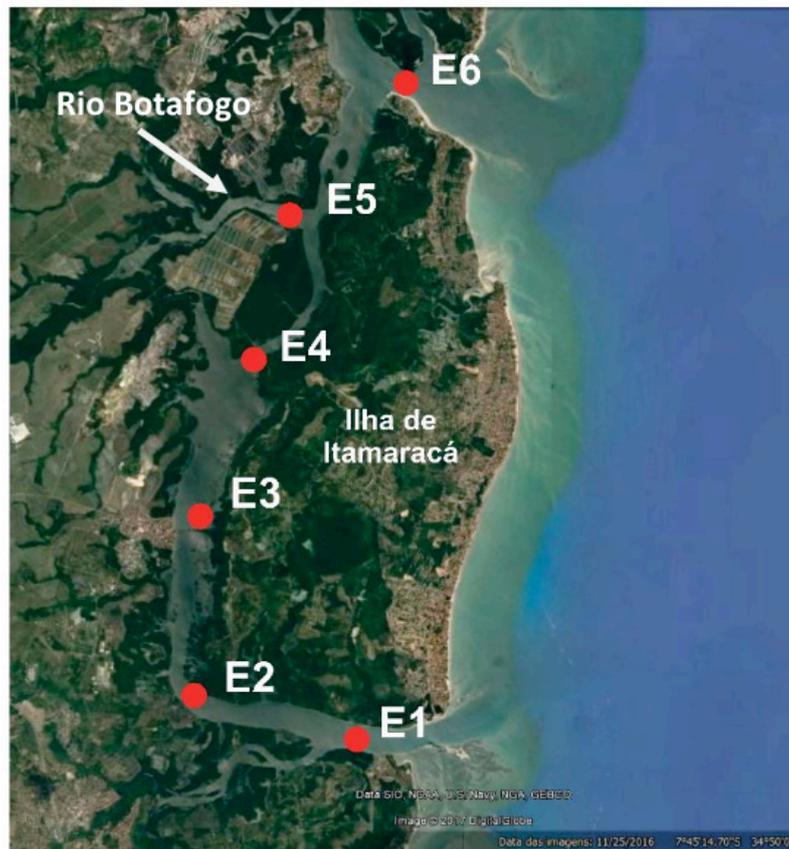


Figura 2-Área de estudo da caracterização longitudinal de um ambiente estuarino. Estações de coletas são discriminadas.

### 2.2.3 Análises

Dados de temperatura e salinidade foram obtidos *in situ* concomitantemente à coleta das amostras de água com a utilização de equipamento CTD. A análise de oxigênio dissolvido seguiu a metodologia de Winkler modificada (Strickland & Parsons, 1972). Fosfato inorgânico total e sílica total foram analisados como descrito em Grasshoff *et al* (1983). As amostras de água destinadas à análise de alcalinidade foram fixadas com  $\text{HgCl}_2$  e acondicionadas no Laboratório de Oceanografia Química para posterior análise pelo método descrito em DOE (1994). O equipamento utilizado para tal foi um titulador automático de alcalinidade, modelo AS-ALK2, da Apollo SciTech. Após a obtenção de todos os dados, os mesmos foram organizados em planilhas e analisados estatisticamente. Os métodos estatísticos multivariados de regressão de mínimo quadrado e de componentes principais (PCA) foram realizados com a utilização do software de estatística JMP Statistical Discovery (versão 10), da SAS Institute, bem como a plotagem de todos os gráficos dispostos neste relatório.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Comparação entre Foz da Bacia do Rio Capibaribe e Barra Orange

A precipitação média mensal para o ano de 2014 comportou-se de maneira

esperada de acordo com a sazonalidade anual para ambientes tropicais (gráfico 1), definindo períodos de estiagem, chuvoso e de transição entre estes. Para os meses de campanha, maio e novembro, a precipitação média foi de 315 mm e 56 mm respectivamente, o que denota uma grande diferença em disponibilidade de água doce para as áreas de estudo. Segundo a definição descrita por Millero 2007 e Dickson em 2003, a alcalinidade total corresponde a disponibilidade de íons básicos na água. As águas provenientes das chuvas são de grande pureza química, atuando como um solvente que diminui a concentração dos compostos presentes nas águas naturais, diminuindo assim sua alcalinidade. Desta maneira, espera-se que seus valores observados sejam influenciados pela diferença de aporte de água doce entre os períodos de chuva e estiagem.

Para uma melhor visualização do comportamento dos parâmetros, todos os dados obtidos foram plotados em relação aos regimes de maré, área de estudo e período de coleta (Gráfico 1). A observação deste gráfico possibilitou a inferência de possíveis correlações entre os parâmetros físico-químicos e entre as diferentes condições de coleta.

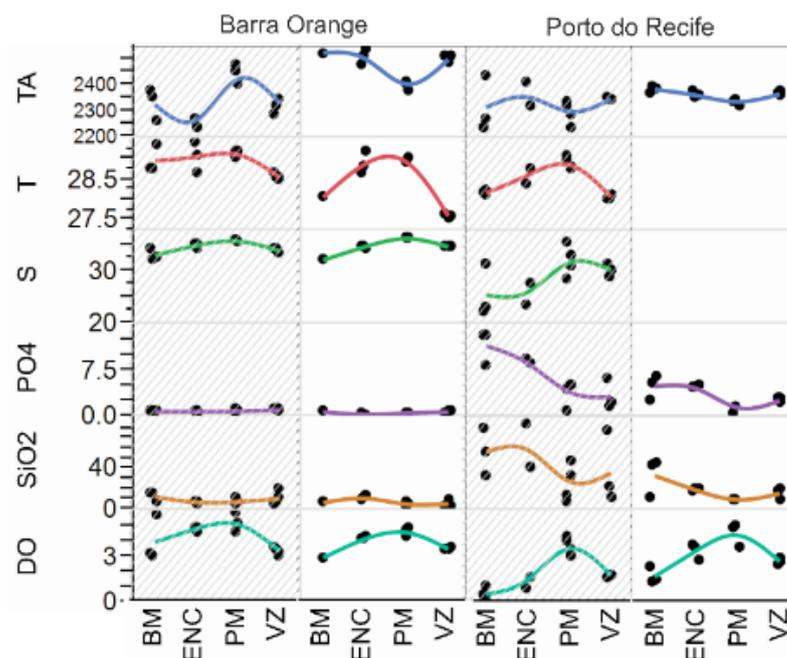


Gráfico 1-Valores de todos os parâmetros observados plotados em função do Regime de Marés. BM, ENC, PM e VZ correspondem as marés de baixamar, enchente, preamare vazante respectivamente. Gráficos hachurados correspondem aos dados coletados em período chuvoso. \*Dados de temperatura e salinidade da campanha do mês de novembro (estiagem) no Porto do Recife não foram obtidos devido a problemas técnicos no equipamento CTD.

Os valores de temperatura observados em todo estudo apresentaram mínima de 27,5 C° e máxima de 29,8 C°, correspondendo ao início e fim das campanhas respectivamente, devido ao aumento do grau de insolação com o passar do dia. Observando o Gráfico 1 podemos perceber uma tendência de aumento ao longo do

ciclo diurno de marés. A baixa variação dos dados de temperatura é coerente com o verificado para regiões estuarinas tropicais, as quais, num mesmo ciclo sazonal, apontam uma grande estabilidade de temperatura por dependerem fortemente do grau de insolação que recebem (Flores Montes, 1996).

A salinidade comportou-se como o esperado, apresentando valores mais baixos no período de baixamar, maiores em enchente e preamar, e diminuindo novamente em vazante. Na BO a pluviometria não influenciou significativamente o teor salino. O efeito cruzado dos regimes de maré e da pluviometria mostrou-se significativo ( $p < 0.0001$  e  $R = 0.86$ ). Diferente da BO, a BRC apresentou uma maior variabilidade de valores entre as estações de coleta, denotando uma circulação longitudinal não homogênea ao longo da seção transversal contemplada pelas estações.

A alcalinidade total foi diferente entre os períodos de coleta na BO ( $p = 0.0001$ ,  $R = 0.51$ ) com médias de  $2333,38 \pm 19,32 \mu\text{mol.L}^{-1}$  e  $2471,39 \pm 22,03 \mu\text{mol.L}^{-1}$ , tendo seus maiores valores em época de estiagem. Esta diferença não foi verificada para a BBRC ( $p = 0.06$ ,  $R = 0.15$ ), que apresentou médias de  $2322,42 \pm 13,48 \mu\text{mol.L}^{-1}$  e  $2360,20 \pm 13,47 \mu\text{mol.L}^{-1}$  para os períodos chuvoso e de estiagem respectivamente. Os valores de alcalinidade total podem ser aumentados pela matéria orgânica vindo pelo lançamento de esgoto doméstico, e pelo uso e ocupação indevida do solo, que provoca lixiviação terrestre e liberando íons como silicato que contribuem com alcalinidade, como descrito por Gaspar em 2015 e Cai e Wang em 1998 e Wang e Cai em 2004, respectivamente. O grau destes impactos se relaciona diretamente com a densidade demográfica nesses ambientes; quando mais elevadas, constituem efeitos nos fluxos de  $\text{CO}_2$  (Noriega et al 2014, Noriega & Araujo 2014), no aporte de nutrientes (Gaspar 2015) e, conseqüentemente, também nos balanços do sistema carbonato e alcalinidade total da água. Tais impactos antrópicos ocorrem ao longo de toda a extensão do Rio Capibaribe, bem como em sua parcela estuarina, possivelmente contrabalanceando o efeito de diminuição esperado como consequência do aporte de água doce proveniente do período das chuvas. Ademais, a alcalinidade total foi maior na BO com diferença significativa ( $p = 0.001$ ), onde a regressão realizada com os efeitos cruzados de local e período de chuvas também apresentou diferença considerável ( $p < 0.0001$ ,  $R = 0.50$ ). Tal fato pode ser explicado pelos maiores valores de salinidade encontrados na BO ( $p < 0.0001$ ,  $R = 0.54$ ). Segundo Millero et al 1998, cerca de 80% das variações de alcalinidade total de superfície são associadas a variações de salinidade, confirmando o fato de que a salinidade engloba grande parte dos compostos básicos utilizados para o cálculo de alcalinidade total. Entretanto, em se tratando de ambientes estuarinos, sua variabilidade é regida por uma relação complexa entre fatores biogeoquímicos do ambiente (Borges & Abril 2012), considerando uma maior disponibilidade de nutrientes e produtividade conseqüentes.

A análise dos dados de salinidade, temperatura, fosfato total inorgânico, sílica e oxigênio dissolvido fornece uma caracterização físico-química das amostras de água que pode explicar a variabilidade observada nos valores de alcalinidade total. Todos os parâmetros foram plotados dois a dois em gráficos de dispersão XY (Figura 3). Foram observadas tendências de correlação entre o fosfato inorgânico total, sílica e oxigênio dissolvido com a salinidade para os dados de todo o estudo. Contudo, nenhum dos parâmetros apresentou correlação boa com os dados de alcalinidade total, o que reafirma a complexidade de suas respostas frente a variáveis ambientais descrita por Borges em 2012.

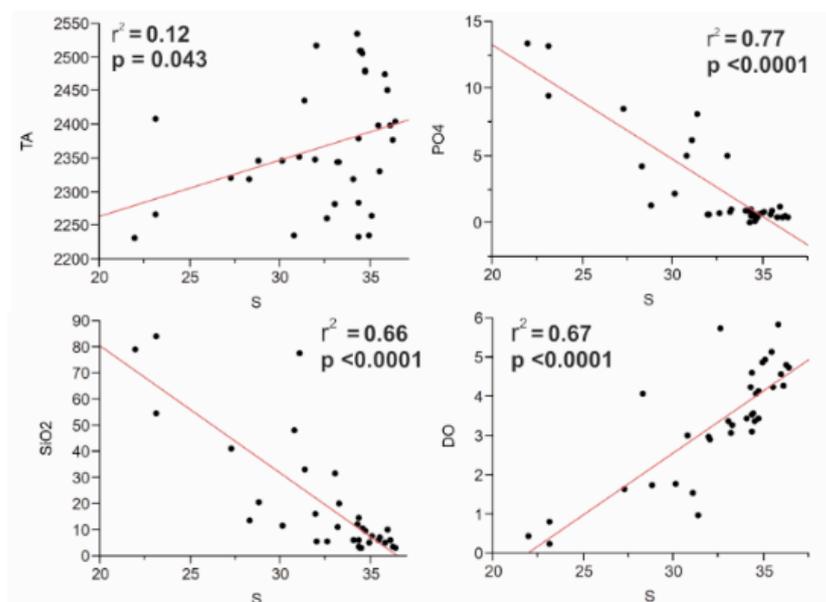


Figura 3-Gráficos de dispersão XY entre os parâmetros dispostos com seus respectivos valores de  $r^2$  e  $p$

Para averiguação dos efeitos multivariados a análise de componentes principais (PCA) foi realizada para cada local separadamente (Figura 4). Na BO a alcalinidade total apresentou forte correlação inversa com a pluviometria e baixa correlação inversa com o fósforo inorgânico total; na BBRC não foram verificadas correlações contundente diante dos parâmetros observados. Em zonas costeiras de baixa latitude existem inúmeros processos que consomem e geram alcalinidade. De acordo com Chen et al 2012 e Lefèvre et al 2010, grandes aportes de nutrientes continentais estimulam a produtividade primária, aumentando a absorção de  $\text{CO}_2$  dissolvido e alterando o balanço do sistema carbonato. Assim, nutrientes como a sílica possuem papel importante em casos de bloom fitoplanctônico em ambientes marinhos (Conley and Malone, 1992), e conseqüentemente nas taxas de produtividade primária. Entretanto, este efeito pode ser contrabalanceado pelo aporte direto de  $\text{CO}_2$  e matéria orgânica, acarretando num aumento da  $\text{pCO}_2$  na água e alterando os balanços do sistema carbonato (Jiang et al, 2013; Gaspar 2015). Em ambientes

estuarinos maiores valores de fósforo inorgânico total são indicadores de poluição por esgotos sem tratamento ricos em detergentes outros compostos químicos domésticos (Sperling, 1996). De acordo com a resolução CONAMA 357/2005, os valores máximos naturais de fósforo inorgânico total para águas salobras é de 0,186 mg.L<sup>-1</sup>.

Dessa maneira verifica-se que os altos níveis de impactos antrópicos observados na BBRC em todo o período contrabalanceiam o maior aporte de nutrientes proveniente do período das chuvas, visto que foram verificados valores de fósforo inorgânico total significativamente maiores ( $p < 0.0001$ ) para ambos os períodos de coleta, com média de  $5,01 \pm 3,54$  mg.L<sup>-1</sup> e  $0,61 \pm 0,26$  mg.L<sup>-1</sup> para a BBRC e BO, respectivamente. Isto reforça que tais impactos alteram fortemente as dinâmicas dos compostos químicos de águas estuarinas. Contudo, a partir dos dados obtidos, não é possível concluir mais detalhadamente a respeito de como esta variabilidade provocada pelos impactos antrópicos acontece. Para tal, novos estudos precisam ser realizados com a adição de outros parâmetros além dos averiguados neste estudo.

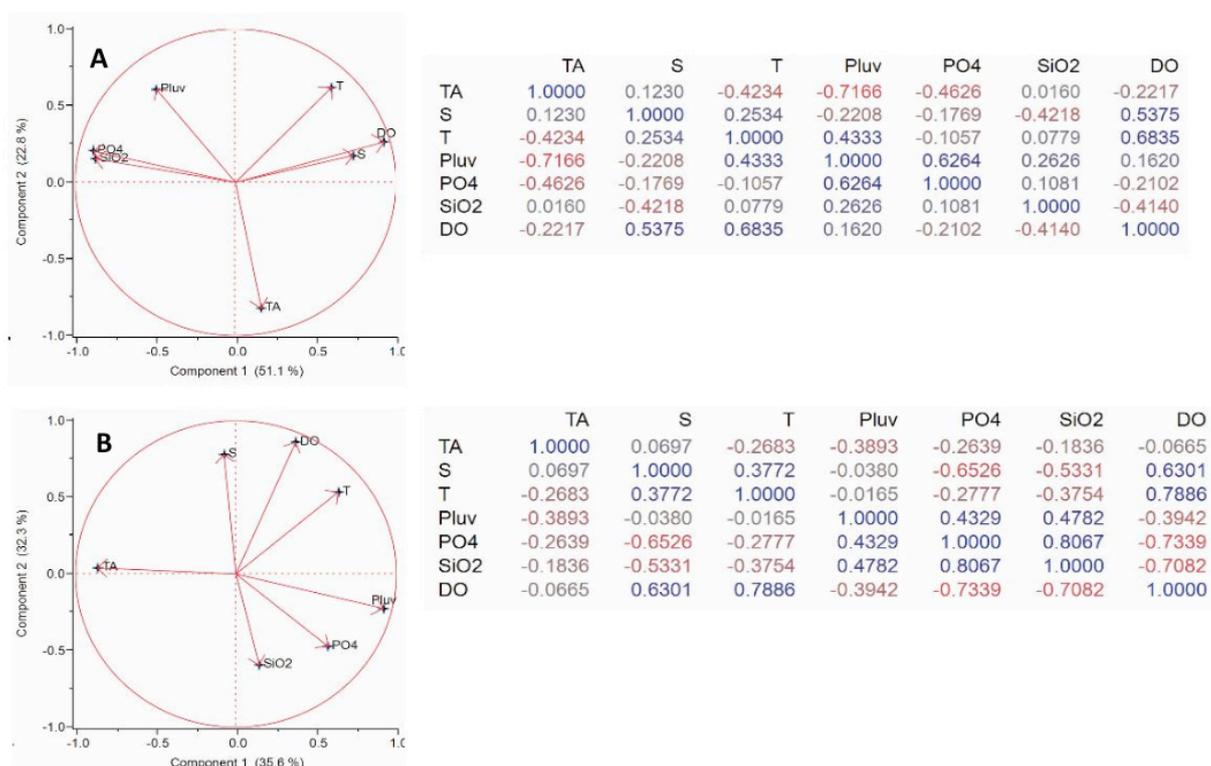


Figura 4-Análises de componentes principais para cada área de estudo com seus respectivos escores de correlação.

### 3.2 Caracterização longitudinal do Canal de Santa Cruz

A precipitação média mensal para os anos de 2015 e 2016 não se comportou como o esperado para a região de estudo, apresentando valores de 446.3 mm em julho de 2015 e 110.3 mm em julho de 2016, meses correspondentes as coletas realizadas. Isto também nos oferece um cenário de grande diferença de aporte de água doce

para as áreas de estudo, onde espera-se valores de alcalinidade total diferentes para cada período de coleta. Para uma melhor visualização do comportamento dos parâmetros, todos os dados obtidos foram plotados em relação as estações de coleta e agrupados por período de coleta, regime de marés e estratificação (Gráfico 2). A observação deste gráfico possibilitou a inferência de possíveis correlações entre os parâmetros físico-químicos e entre as diferentes condições de coleta no CSS.

Os valores de temperatura observados em todo estudo apresentaram mínima de 27 C° e máxima de 28,13 C°, denotando uma baixa oscilação coerente com o esperado para ambientes estuarinos tropicais (Flores Montes, 1996). A salinidade apresentou forte variabilidade sob o efeito da pluviometria, estações de coleta e regime de marés ( $p < 0.0001$ ,  $r^2 = 0.93$ ), com médias de  $28,13 \pm 0,28$  para julho de 2015 e  $31,77 \pm 0,26$  para julho de 2016. Estes resultados confirmam a influência direta do aporte de água pluvial na área de estudo que possivelmente alterou na mesma magnitude os valores dos outros parâmetros físico-químicos.

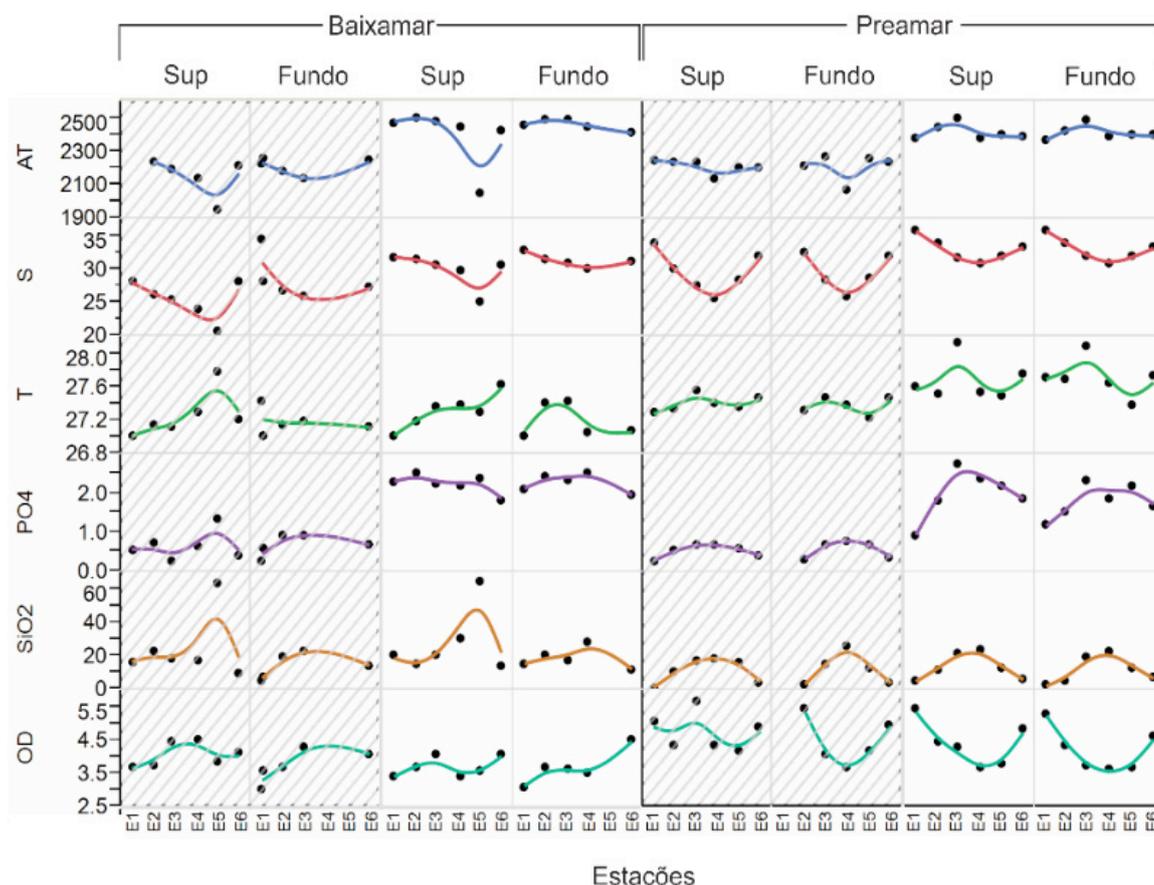


Gráfico 2-Valores de todos os parâmetros observados plotados em função das estações. BM e PM correspondem as marés de baixamar e preamar respectivamente. Gráficos hachurados correspondem aos dados coletados em julho de 2015, período de maiores valores de precipitação mensal.

Possíveis correlações entre os parâmetros e o gradiente de salinidade foram averiguadas com a análise de gráficos de dispersão XY, agrupados por períodos de coleta (Figura 3). A alcalinidade apresentou boa correlação com a salinidade salvo a

influência de valores muito abaixo da média observado na estação E5. As médias de alcalinidade para cada período foram de  $2191,83 \pm 18,32 \mu\text{mol.L}^{-1}$  para julho de 2015 e  $2417,75 \pm 17,51 \mu\text{mol.L}^{-1}$  para julho de 2016, e os menores valores (Estação E5) foram de  $1949,35 \mu\text{mol.L}^{-1}$  e  $2048,20 \mu\text{mol.L}^{-1}$  em 2015 e 2016 respectivamente. Tal comportamento possivelmente está associado a uma grande produtividade biológica no local, consumindo alcalinidade total, visto os elevados teores de sílica de 63,3 e 64,5 para a mesma estação. O local em questão está disposto em uma região influenciada pelo Rio Botafogo (Figura 2), que além de oferecer uma intensificação do aporte de compostos terrígenos, é utilizado como via de despejo de fazendas de aquicultura da região.

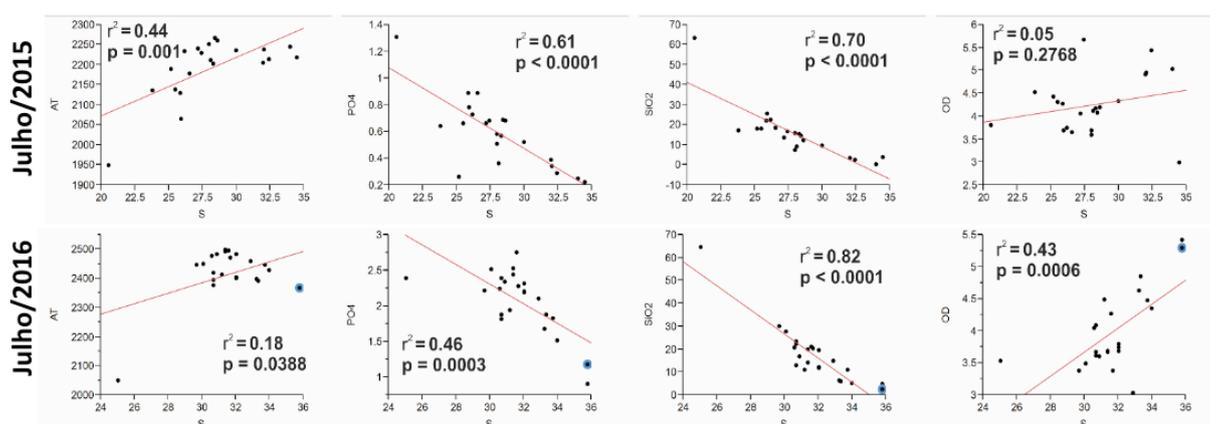


Figura 3-Gráficos de dispersão XY entre os parâmetros dispostos com seus respectivos valores de R e P

A análise do efeito da pluviometria, regimes de marés e diferentes estações de coleta nos valores de alcalinidade total mostrou fortes correlações entre estes fatores. A alcalinidade total mostrou diferença significativa entre os dois períodos de coleta ( $p < 0.0001$  e  $r^2 = 0.65$ ) com médias de  $2129,84 \pm 18,32 \mu\text{mol.L}^{-1}$  e  $2417,75 \pm 17,51 \mu\text{mol.L}^{-1}$  para julho de 2015 e julho de 2016 respectivamente. O efeito cruzado do regime de marés e estações de coleta apresentou uma regressão com  $p = 0.0018$  e  $r^2 = 0.91$  para julho de 2015 e  $p < 0.0001$  e  $r^2 = 1.00$  para julho de 2016. Este comportamento previamente demonstra um ambiente menos impactado, uma vez que a alcalinidade da água apresenta forte correlação com a variabilidade de compostos básicos na água alterada por um maior aporte de águas pluviais, de acordo com sua definição descrita por Millero em 2007 e Dickson em 2003. A análise multivariada de todos os parâmetros analisados reforçou a influência da pluviometria, bem como da salinidade e do fósforo inorgânico total sobre a alcalinidade total (Figura 4). Estes resultados denotam uma dinâmica biogeoquímica mais concisa e consistente de um ambiente menos impactado atropicamente, em contraste com o observado no estudo prévio de comparação entre áreas com diferentes níveis de impacto antrópico.

## 4 | CONCLUSÕES

A alcalinidade total é um parâmetro regido por uma série de fatores biogeoquímicos e como estes se relacionam entre si, tornando essencial uma análise multivariada acerca do comportamento de seus teores em ambientes naturais. Dessa maneira, seu estudo em ambientes estuarinos se mostra desafiador, uma vez que tais ambientes oferecem grande variabilidade biogeoquímica e aporte continental de compostos químicos diversos importantes para o metabolismo aquático. Os resultados apresentados neste estudo demonstraram que, num primeiro momento, podemos atribuir um possível efeito negativo aplicado por impactos antrópicos as áreas estudadas. Na BBRC a alcalinidade total não variou diante de uma diferença de aporte pluvial, variação que pôde ser verificada na BO e ao longo de todo o CSS. Esta falta de variabilidade da alcalinidade da água pode acarretar em alterações em dinâmicas ecológicas importantes que afetam toda a teia trófica do ambiente, uma vez que esta naturalmente tende a acompanhar as flutuações de salinidade. Ademais, pode-se concluir que para um estudo mais detalhado da alcalinidade de águas estuarinas é necessária uma maior malha de parâmetros analisados, em especial dados de clorofila, produtividade primária, nutrientes como nitrito e nitrato e, em destaque, compostos orgânicos básicos que também influenciam na alcalinidade da água; a chamada alcalinidade orgânica. A análise dos parâmetros abordados neste estudo juntamente aos outros aqui mencionados demanda um esforço humano e financeiro não comportados por um programa de iniciação científica. Entretanto, é de interesse e plano do orientador e aluno a continuação nesta linha de pesquisa, fomentando cada vez mais sua fundamentação teórica e prática acerca do tema.

## REFERÊNCIAS

- BORGES, A.V 2005. Do we have enough pieces of the jigsaw to integrate CO<sub>2</sub> fluxes in the coastal ocean? *Estuaries* v. 28, p. 3–27,.doi:10.1007/BF02732750.
- BORGES BORGES, A. V 2011. *Oceans and the Atmospheric Carbon Content*. Dordrecht: Springer Netherlands.
- BORGES, A. V, ABRIL, G 2012. *Carbon Dioxide and Methane Dynamics in Estuaries*. Elsevier.
- CAI, W.J; WANG, Y 1998. The chemistry, fluxes, and sources of carbon dioxide in the estuarine waters of the Satilla and Altamaha rivers, Georgia. *Limnology. Oceanography*.
- CHEN, C. T. A.; HUANG, T. H.; FU, Y. H.; BAI, Y.; HE, X. 2012. Strong sources of CO<sub>2</sub> in upper estuaries become sinks of CO<sub>2</sub> in large river plumes. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, v. 4, n. 2, p. 179–185, 2012. Elsevier B.V.
- CONLEY, D. J., MALONE, T. C. 1992. Annual cycle of dissolved silicate in Chesapeake Bay: implications for the production and fate of phytoplankton biomass. *Marine Ecology Progress Series*. Vol. 81, No. 2 (April 21 1992), pp. 121-128.
- CPRH - Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos hídricos. Relatório das bacias hidrográficas. Disponível em [http://www.cprh.pe.gov.br/monitoramento/bacias\\_hidrograficas/relatorio\\_bacias\\_hidrog](http://www.cprh.pe.gov.br/monitoramento/bacias_hidrograficas/relatorio_bacias_hidrog)

raficas/. 2015.

DICKSON, A. G. 2003. Reference materials for oceanic CO<sub>2</sub> analysis: a method for the certification of total alkalinity. *Marine Chemistry*.

DOE 1994. Handbook of methods for the analysis of the various parameters of the carbon dioxide system in sea water.

FLORES-MONTES, M.J. 1996. Variação nictemeral do fitoplâncton e parâmetros hidrológicos no Canal de Santa Cruz, Itamaracá-PE. 199p. **Dissertação (Mestrado em Oceanografia Biológica)** Universidade Federal de Pernambuco, CTG – UFPE. Recife, Brasil.

GASPAR, F.L. 2015. Distribuição da alcalinidade total, pressão parcial do CO<sub>2</sub> e fluxos de CO<sub>2</sub> na interface água-ar no ecossistema costeiro do estado de Pernambuco. **Tese de doutorado, Universidade Federal de Pernambuco.**

GRASSHOFF, K.; EHRHARDT, M.; KREMLING, K. 1983. Methods of seawater analysis. 419p. Florida: Verlag Chemie.

Instituto Brasileiro de Geografia Estatística – IBGE. Censo 2010: Disponível em <http://www.censo2010.ibge.gov.br/>. Acessado em março de 2016.

IPCC, C. C., (2014). The Physical Science Basis. In: Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.). **Cambridge University Press**, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

JIANG, L. Q.; CAI, W. J.; WANG, Y.; BAUER, J. E, 2013. Influence of terrestrial inputs on continental shelf carbon dioxide. *Biogeosciences*, v. 10, n. 2, p. 839–849.

LEFÈVRE, N.; DIVERRÉS, D.; GALLOIS, F. 2010. Origin of CO<sub>2</sub> undersaturation in the western tropical Atlantic. *Tellus, Series B: Chemical and Physical Meteorology*, v. 62, n. 5, p. 595–607.

SPERLING, M. V. 1996. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** Editora **UFMG**, página 100.

MEDEIROS, C. & KJERFVE, B. 1993. Hydrology of a tropical Estuarine System: Itamaracá, Brazil. **Estuarine, Coastal Shelf Science**. v. 36, p. 495-515.

MILLERO, F. J. 2007. The marine inorganic carbon cycle. **Chemical reviews**, v. 107, n. 2, p. 308–41,. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17300138>>. .

MILLERO, F. J., LEE, K., ROCHE, M. 1998. Distribution of alkalinity in the surface waters of the major oceans. *Marine Chemistry*.

NORIEGA, C.; ARAUJO, M.; LEFÈVRE, N.; FLORES-MONTES, M.J.; GASPAR, F.; VELEDA, D. 2014. Spatial and temporal variability of CO<sub>2</sub> fluxes in tropical estuarine systems near areas of high population density in Brazil. *Regional Environmental Change*.

NORIEGA, C.; ARAUJO, M. 2014. Carbon dioxide emissions from estuaries of northern and northeastern Brazil. *Scientific Reports*.

Riebesell, Ulf; Zondervan, Ingrid; Rost, Bjoern; Tortell, Philippe Daniel; Zeebe, Richard E; Morel, Francois M M 200. *Reduced calcification of marine plankton in response to increased atmospheric CO<sub>2</sub>*. **Nature**, 407, 364-367

SABINE, C. L.; FEELY, R. A.; GRUBER, N.; et al. The oceanic sink for anthropogenic CO<sub>2</sub>. **Science** (New York, N.Y.), v. 305, n. 5682, p. 367–71, 2004. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15256665>>. Acesso em março de 2016.

WANG, Z. A.; CAI, W.-J. 2004. Carbon dioxide degassing and inorganic carbon export from a marsh-dominated estuary (the Duplin River): A marsh CO<sub>2</sub> pump. **Limnology and Oceanography**, v. 49, n. 2, p. 341–354

## **SOBRE O ORGANIZADOR**

**Felipe Antonio Machado Fagundes Gonçalves** - Mestre em Ensino de Ciência e Tecnologia pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) em 2018. Licenciado em Matemática pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), em 2015 e especialista em Metodologia para o Ensino de Matemática pela Faculdade Educacional da Lapa (FAEL) em 2018. Atua como professor no Ensino Básico e Superior. Trabalha com temáticas relacionadas ao Ensino desenvolvendo pesquisas nas áreas da Matemática, Estatística e Interdisciplinaridade.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Alcalinidade total 97, 98, 99, 100, 101, 103, 104, 105, 107, 108, 109, 110

Algoritmos de ordenação 77, 78, 79

ARIAC 53, 54, 55, 56, 57, 58

### C

Cálculo diferencial e integral 17, 18, 25, 26

Coagulação 8, 9, 10, 11, 15

### E

Enem 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43

Ensino de algoritmos computacionais 77, 78, 84

Ensino e aprendizagem 1, 2

Ensino híbrido 35, 36, 38, 42

Erros de medição 27

### J

Jogos de treinamento 1

### M

Máquina-ferramenta 124

Métodos de ajuste 31, 34

### N

Nanomateriais 60, 62, 63, 76

Nanopartículas 59, 60, 61, 62, 64, 65, 66, 74, 75

Não-hiperbólico 86

### P

Projeto mecânico 124, 126

### R

Robótica ágil 53, 54, 57, 58

### S

Sísmica 86, 87, 88

Sistema carbonato 97, 98, 99, 104, 105

### T

Teoria dos registros de representação semiótica 17, 18, 19, 25

 **Atena**  
Editora

**2 0 2 0**