

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS**

**GÊNESE E ARQUITETURA DOS DEPÓSITOS DE
BIOCLASTOS NA PRAIA DE PUNTA PERDICES, BAÍA SAN
ANTONIO, ARGENTINA**

PAULA NOGUEIRA MACHADO SCHFFER

ORIENTADOR - Prof. Dr. Elírio E. Toldo Jr.

Porto Alegre, 2023

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS**

**GÊNESE E ARQUITETURA DOS DEPÓSITOS DE
BIOCLASTOS NA PRAIA DE PUNTA PERDICES, BAÍA SAN
ANTONIO, ARGENTINA**

PAULA NOGUEIRA MACHADO SCHFFER

ORIENTADOR - Prof. Dr. Elírio E. Toldo Jr.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Fernando Erthal - Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Norberto Horn Filho - Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Ricardo Baitelli - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dissertação de mestrado apresentada
como requisito parcial para obtenção do
título de Mestre em Ciências

Porto Alegre, 2023

*Òkè Àró, Ọ̀ṣọ̀ṣí
Ọ̀ṣẹ̀ yeye ó, Ọ̀ṣùn
Káwó Kábíẹ̀sílẹ̀, Ọ̀ṣàngó*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à minha família, em especial meus pais Anderson e Dorinha e minha irmã Giovanna que não mediram esforços tanto emocionais quanto financeiros para que essa etapa pudesse se cumprir. Aos meus tios Carmen e João Batista por serem inspiração acadêmica, vô Osmar e vó Nina pelo carinho. Obrigada por serem base.

Ao meu orientador, professor Elírio, porque outro não poderia ser. Agradeço por todo conhecimento compartilhado, todas as histórias e suporte durante este tempo. Um exemplo de profissional que quero me tornar, dedicado e paciente. Obrigada por mesmo nos difíceis caminhos da pós-graduação ter sido perseverante junto a mim e levamos o projeto ao fim.

Aos mestres, que com muita dedicação, ensinaram geologia costeira à uma mineira: Zé, Cristiano e Eduardo Puhl (UFRGS), Prof. Pinheiro e João (Lab. Análises Estratigráficas, UFRN) e Prof. Aliotta (UNS, Argentina). Aos companheiros de equipe que se tornaram grandes amigos: Cris Bahi, Arthur, Lay, Paul, Edgar.

À Pré-Sal Petróleo S.A. (PPSA) e ao Grupo Libra, um consórcio composto por Petrobras, Shell Brazil, Total Energies, CNODC e CNOOC Limited, pela bolsa de mestrado concedida junto ao IPH/NECOD e PPGGEO – CECO (Universidade Federal do Rio Grande do Sul) pelo ensino de qualidade, e pela incrível oportunidade de participar deste projeto. À equipe do Laboratório de Análises Estratigráficas da Universidade Federal do Rio Grande do Norte que foi fundamental para o plano de mestrado e na colaboração no levantamento de dados de campo bem como na interpretação dos resultados.

Por fim, agradeço a Deus e aos meus Orixás por terem me dado o presente do renascimento durante essa caminhada. Se cheguei até aqui foi porque não houve energia que os retirasse de mim, a proteção dos meus Orixás guia meu caminho e afasta de mim o que não vem para somar. *Àse!*

RESUMO

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32

Na costa norte do Golfo San Matías, Argentina, se desenvolve a Bahía San Antonio, com área aproximada de 160 km². A região apresenta uma diversidade de sistemas deposicionais, tanto na parte interna como na parte externa da baía, morfologicamente representados pelos depósitos de planícies e canais de maré, cristas de praia (*beach ridges*), praias e dunas. Neste ambiente relativamente protegido pela Península Villarino, contra a elevada energia das ondas provenientes do golfo, a circulação das águas é governada por um regime de macro-marés semi diurnas com amplitudes de sizígia de até 9 m, que ingressam através do único canal, comunicando a baía ao oceano. As bordas da Península Villarino apresentam uma grande quantidade de cristas de praia, na forma de modernos e extensos depósitos de bioclastos, onde predominam bivalves com valvas inteiras, fragmentadas e gastrópodes. O objetivo deste trabalho consiste no desenvolvimento de modelos de arquitetura deposicional das coquinas da Península Villarino, através de mapeamento do terreno (DGPS) e aquisição de linhas por radar de penetração do solo (GPR), além de compreender a dinâmica sedimentar Holocênica-moderna desta região. Levantamentos com GPR foram realizados no setor da Praia de Punta Perdices na Península Villarino setores de depósitos bioclásticos, num total de 23 linhas GPR, onde se observam vários conjuntos de cristas de praia (Holocênicas) com largura média de 100 m, que se estendem por mais de 1 km, localizados na área abrigada da baía. Os dados GPR processados e interpretados são utilizados para investigar as relações laterais e verticais das fácies, as geometrias deposicionais e assinaturas geofísicas, desenvolvidas por mecanismos de progradação induzidos pela hidrodinâmica das ondas e marés. A gênese desses extensos e abundantes depósitos de bioclastos são discutidos, principalmente devido ao regime de macro marés da região e de deriva da baía semicircular. Modelos deposicionais de coquinas em ambientes de praias Pleistocênicas, Holocênicas e modernas são escassos na literatura, sendo que os resultados obtidos serão possivelmente analisados comparativamente com análogos de depósitos de hidrocarbonetos.

Palavras-chave: bioclastos, cristas de praia, área abrigada

ABSTRACT

33

34 On the northern coast of the San Matías Gulf, Argentina, San Antonio Bay is
35 developed, with an approximate area of 160 km². The region has a diversity of
36 depositional systems, both inside and outside the bay, morphologically represented by
37 the deposits of plains and tidal channels, beach ridges, beaches and dunes. In this
38 environment relatively protected by the Villarino Peninsula, against the high energy of
39 waves coming from the gulf, the circulation of water is governed by a regime of semi-
40 daytime macro-tides with syzygy amplitudes of up to 9 m, which enter through the
41 single channel, communicating the bay to the ocean. The edges of the Villarino
42 Peninsula have a large number of beach ridges, in the form of modern and extensive
43 deposits of bioclasts, where bivalves with whole, fragmented and gastropod valves
44 predominate. The objective of this work is the development of models of depositional
45 architecture of the coquinas of the Villarino Peninsula, through terrain mapping (DGPS)
46 and acquisition of lines by ground penetration radar (GPR), in addition to
47 understanding the Holocene-modern sedimentary dynamics of this region. Surveys
48 with GPR were carried out in the sector of Punta Perdices Beach in the Peninsula
49 Villarino sectors of bioclastic deposits, in a total of 23 GPR lines, where there are
50 several sets of beach ridges (Holocene) with an average width of 100 m, which extend
51 for more than 1 km, located in the sheltered area of the bay. The processed and
52 interpreted GPR data are used to investigate the lateral and vertical relationships of
53 the facies, the depositional geometries and geophysical signatures, developed by
54 progradation mechanisms induced by the hydrodynamics of waves and tides. The
55 genesis of these extensive and abundant deposits of bioclasts are discussed, mainly
56 due to the macro tide regime of the region and the drift of the semicircular bay.
57 Depositional models of coquinas in Pleistocene, Holocene and modern beach
58 environments are scarce in the literature, and the results obtained will possibly be
59 analyzed compared to hydrocarbon deposit analogues.

60

61 Keywords: bioclasts, beach ridges, sheltered area

62

LISTA DE FIGURAS

63

64	Figura 1: (A) Golfo de San Matías, Província de Rio Negro, Argentina; (B) Mapa de	
65	localização da área de estudo: Península Villarino; (C) Mapa de localização da Praia	
66	de Punta Perdices e seus detalhes morfológicos. Detalhe para o Porto de San Antonio	
67	Este, um ponto de referência para estudos.....	5
68	Figura 2: Aquisição dos perfis de GPR com antena de 400MHz nos depósitos de	
69	bioclastos de Punta Perdices, Argentina.	7
70	Figura 3: Disposição dos vinte e três perfis de GPR obtidos em campo com antena de	
71	400MHz.	7
72	Figura 4: Pontos de amostragem ao longo do perfil 02L4F4. Sete amostras foram	
73	coletadas para fins de datação.....	9
74	Figura 5: Sequencialmente, de (A) até (G), são fotos representativas dos locais de	
75	coletas de amostras, de PP01 a PP07: (A) é a amostra PP01, amostra mais distante	
76	da costa (inland), e (G) a amostra PP07, mais costeira.	9
77	Figura 6: Detalhe de beach ridge do perfil PPL10F10. Neste detalhe são	
78	característicos os depósitos de washover, a crista de praia e depósitos de foreshore.	
79	10
80	Figura 7: Radargrama do perfil 02L4F4 interpretado (parte 1).	11
81	Figura 8: Radargrama do perfil 02L4F4 interpretado (parte 2).	12
82	Figura 9: Radargrama do perfil 02L4F4 interpretado (parte 3).	13
83	Figura 10: Radargrama do perfil 02L1F1 interpretado (parte 1).	14
84	Figura 11: Radargrama do perfil 02L1F1 interpretado (parte 2).	15
85		

SUMÁRIO

86		
87		
88	RESUMO.....	1
89	ABSTRACT	2
90	LISTA DE FIGURAS	3
91	SUMÁRIO.....	1
92	Sobre a estrutura desta dissertação.....	2
93	1. Introdução e contexto geológico simplificado	3
94	2. Objetivos.....	6
95	3. Síntese da metodologia utilizada	6
96	4. Síntese dos resultados e conclusões	9
97	5. Artigo submetido	16
98	2. Regional setting	20
99	3.1 Ground Penetrating Radar	24
100	3.2 Radiocarbon Dating	25
101	4. Results.....	25
102	5. Discussion	31
103	5.1 Beach ridge architecture and evolution	31
104	6. Considerações Finais	43
105	REFERÊNCIAS.....	44
106	Anexo	46
107		

108 **Sobre a estrutura desta dissertação**

109

110 Esta dissertação de mestrado está estruturada em um artigo científico
111 submetido. Dessa forma, sua organização compreende as seguintes partes:

112 a) Introdução compreendendo as considerações iniciais e objetivo, contexto
113 geológico simplificado, uma breve descrição do estado da arte do método
114 utilizado, considerações finais e as referências utilizadas.

115 b) Artigo submetido ao Journal of South American Earth Sciences intitulado
116 **“Architecture of Shelly Beach Ridges in a Sheltered Beach Environment
117 in Punta Perdices Beach, San Antonio Bay, Argentina”** que apresenta os
118 resultados e conclusões desta pesquisa (primeira versão corrigida após à
119 submissão).

120 c) Anexo compreendendo a carta de submissão do artigo.

1. Introdução e contexto geológico simplificado

A Baía San Antonio, localizada no setor norte do Golfo de San Matías (Argentina), um importante golfo da plataforma argentina, é semifechada e possui uma rede de drenagem dendrítica formada por dois canais de maré (Fig. 1). Suas margens apresentam projeções de terra em forma de barreira de areia que servem como proteção contra a energia vinda do Golfo, criando diferentes ambientes em toda a baía (Carbone *et al.*, 2007). Na face norte das margens, há uma grande quantidade de cristas de praia compostas principalmente por restos orgânicos que indicam uma acumulação em direção ao interior da baía.

A forma da Baía de San Antonio é influenciada pelas marés do Golfo de San Matías e possui uma variedade de características, como planícies de maré, cumes, barreiras de areia, praias e dunas. O canal principal, junto com os canais de maré secundários, controla a dinâmica das águas e das marés. A circulação da baía e do golfo é afetada pelo regime de maré semidiurno, com uma amplitude de maré de cerca de 9 m (Aliotta *et al.*, 2000). O vento local, especialmente os ventos de oeste mais frequentes, gera ondas de baixa amplitude, mas com alto ângulo de incidência. A presença de uma frente termo-halina caracteriza a maior parte do ano no golfo, e a circulação é dominada por um *spin* ciclônico e dois *spins* anticiclônicos. As praias dentro da baía são compostas principalmente por cascalho e conchas de moluscos e bivalves, com depósitos que datam do Pleistoceno e Holoceno.

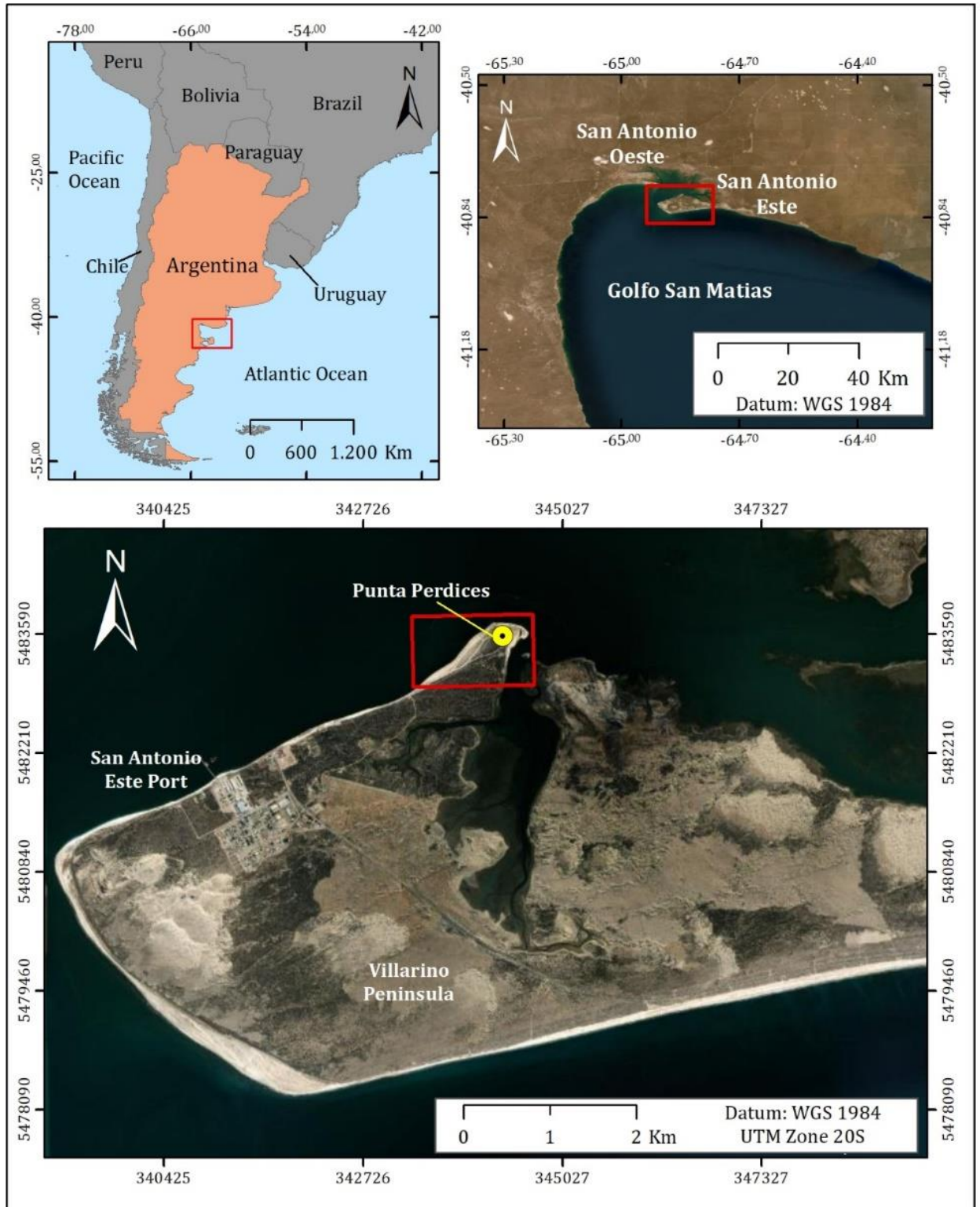
Estudos recentes examinaram as características geomorfológicas ao longo da costa norte do Golfo de San Matías e descreveram depósitos costeiros que foram identificados como provenientes de pelo menos quatro ciclos transgressivos. Entre esses depósitos marinhos, três foram relacionados ao Pleistoceno e representam os depósitos interglaciais (MIS 9?, MIS 7, MIS 5e), enquanto o quarto ciclo transgressivo foi atribuído ao Holoceno e ao interglacial 1 do MIS (Fucks *et al.*, 2012b; Charó, 2013).

Em 1978, Angulo *et al.* distinguiram os depósitos da Baía de San Antonio em duas unidades estratigráficas: a Formação Baliza San Matías (Pleistoceno Superior) e a Formação San Antonio (Holoceno), com base em sua morfologia, posição estratigráfica e grau de litificação. A Formação San Antonio foi descrita pela primeira vez por Wichmann em 1918 como uma formação quaternária, que foi identificada ao longo da costa da Baía de San Antonio. A unidade mais terrestre da sequência deposicional sedimentar do Holoceno é formada por cristas de praia que ocupam as margens de San Antonio Este, e a Formação San Antonio as representa (Martinez *et*

155 *al.*, 2001). A Formação San Antonio é composta por cascalho arenoso, areia e
156 conchas abundantes, sendo as espécies mais comuns *Glycimeris longior*, *Chlamys*
157 *sp.*, *Pitar rostrata* e *Crepidula protea* (Angulo *et al.*, 1978). Essa formação gera praias
158 e cristas elevadas que atingem uma altitude de 15 a 20 metros acima do nível do mar,
159 correspondendo ao Pleistoceno Superior/Holoceno, e cobertas por sedimentos
160 eólicos de diferentes espessuras (Fidalgo & Rabassa 1984; Gelós *et al.*, 1992). A
161 maioria dos clastos, com tamanhos que variam entre 2 e 5 cm (com diâmetro médio
162 de 3 cm), é composta por basalto e pórfiro e apresenta alto grau de arredondamento
163 e achatamento, características típicas do cascalho de praia (Angulo *et al.*, 1978;
164 Fidalgo & Porro, 1981). A parte inferior dos depósitos apresenta clastos de coloração
165 cinza a cinza-esbranquiçada, enquanto a parte superior é cinza-marrom a marrom
166 (Fidalgo & Porro 1981).

167 As cristas de praia possuem padrões deposicionais distintos, visto que sua
168 formação está diretamente relacionada à posição geográfica em relação à mudança
169 do nível do mar, à morfologia costeira e à plataforma de produção de biomassa,
170 favorecendo a deposição de conchas (Sanderson *et al.*, 2000; Jahnert *et al.*, 2012). A
171 alta produtividade bioclástica fornece ao substrato exoesqueletos de material
172 carbonático, que são retrabalhados durante tempestades que atingem a plataforma
173 marinha e transportam conchas inteiras e fragmentadas para a costa e para a planície
174 interna (Logan *et al.*, 1974; Jahnert *et al.*, 2012; Weil *et al.*, 2013). Na região de San
175 Antonio Este (Fig.1), os depósitos bioclásticos presentes na praia de Punta Perdices
176 são notáveis pela grande quantidade de conchas de bivalves de tamanho considerável
177 e pela ampla extensão da área abrangida.

178 O estudo da estrutura interna dos depósitos bioclásticos ainda é pouco
179 explorado na literatura, no entanto, tornou-se um tema importante devido à sua
180 relevância como representante de reservatórios de hidrocarbonetos. Diversos estudos
181 foram conduzidos com o objetivo de entender os processos sedimentares envolvidos
182 na formação desses depósitos e estabelecer padrões diagnósticos de sua estrutura.
183 Alguns desses estudos incluem a investigação de depósitos análogos aos recentes
184 ou presentes no registro geológico, bem como simulações em laboratório físico.



185

186 Figura 1: (A) Golfo de San Matías, Provincia de Rio Negro, Argentina; (B) Mapa de localização da área de estudo:
 187 Península Villarino; (C) Mapa de localização da Praia de Punta Perdices e seus detalhes morfológicos. Detalhe
 188 para o Porto de San Antonio Este, um ponto de referência para estudos.

189 **2. Objetivos**

190 Os objetivos deste trabalho consistiram, primeiramente, em analisar as cristas de
191 praia de Punta Perdices (Argentina) por imagens de satélite e entender o
192 comportamento do crescimento das cristas, seus truncamentos e extensão em relação
193 à deriva da Península Villarino. Em conjunto com métodos geofísicos, o intuito do
194 projeto também abrangia a reflexão das cristas de praia do pontal em profundidade,
195 para que se pudesse realizar uma interpretação do comportamento das camadas
196 internas dos sedimentos bioclásticos, seus elementos topográficos e
197 consequentemente entender a gênese de sua construção. O trabalho também se
198 propôs a realizar a datação dos bioclastos da área para validar os fundamentos que
199 geram as discussões propostas.

200 **3. Síntese da metodologia utilizada**

201 Técnicas geofísicas, tais como o Radar de Penetração no Solo (GPR), têm sido
202 utilizadas para obter informações detalhadas sobre a estrutura interna dos depósitos
203 de bioclastos em cristas de praia. O GPR é um método geofísico que utiliza reflexões
204 de ondas eletromagnéticas para mapear a heterogeneidade do material no subsolo,
205 permitindo identificar a inclinação angular da reflexão frontal da crista e obter imagens
206 contínuas da estrutura sedimentar interna desses depósitos. A utilização do GPR tem
207 sido aplicada na reconstrução de ambientes de deposição antigos e na compreensão
208 dos processos sedimentares em diferentes ambientes, principalmente em estudos
209 análogos de reservatórios de hidrocarbonetos. Com o devido processamento dos
210 perfis de radar e a resolução adequada da pesquisa, as reflexões primárias
211 geralmente apresentam paralelismo com a estrutura deposicional original.

212 Este estudo empregou, além do método eletromagnético GPR com uma antena
213 de 400MHz (Fig. 2), levantamentos topográficos com sistema GPS cinemático em
214 tempo real (RTK) com precisão de posicionamento horizontal de 50 cm.

215 É possível identificar a inclinação angular da reflexão frontal da crista por meio
216 deste método, com valores que variam dependendo da granulometria do sedimento,
217 como 1–2° em areia fina, 3–6° em areia grossa e 23° em cascalho, além da variação
218 entre *sets* (Clifton, 2006; Tamura, 2012). O GPR gera, transmite, propaga, reflete e
219 recebe pulsos discretos de energia eletromagnética de alta frequência na faixa de
220 frequência mega-hertz (MHz = 10⁶ Hz, 1 Hz = 1 ciclo/s).



221

222 Figura 2: Aquisição dos perfis de GPR com antena de 400MHz nos depósitos de bioclastos de Punta
 223 Perdices, Argentina.

224

225

226

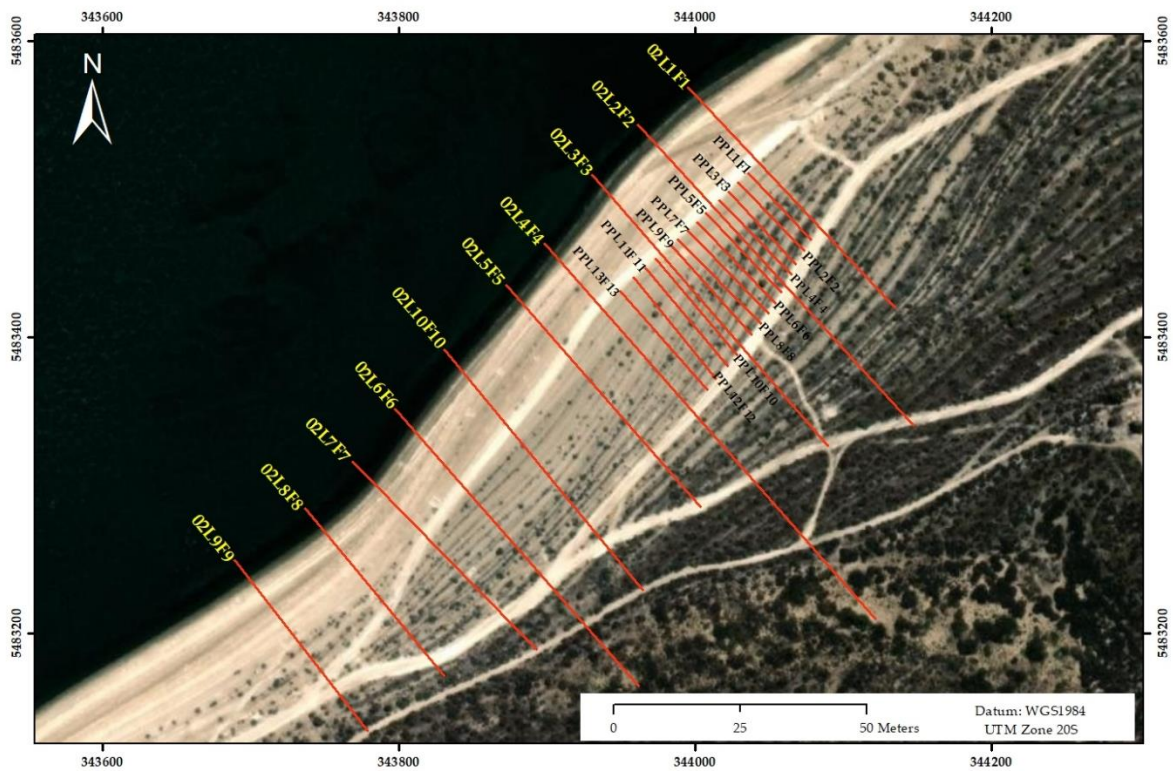
227

228

229

230

A aquisição de perfis foi realizada por meio do imageamento de GPR de alta
 resolução, resultando em vinte e três perfis (Fig. 3) que foram posteriormente
 analisados no *software ReflexW* para interpretação dos resultados. Com o intuito de
 aprimorar o estudo, foram coletadas sete amostras superficiais de sedimentos nas
 cristas de praia em Punta Perdices (Fig. 4), ao longo do perfil mais extenso (02L4F4),
 para realização de análises sedimentológicas, paleobiológicas e geocronológicas (Fig.
 5).



231

232

Figura 3: Disposição dos vinte e três perfis de GPR obtidos em campo com antena de 400MHz.

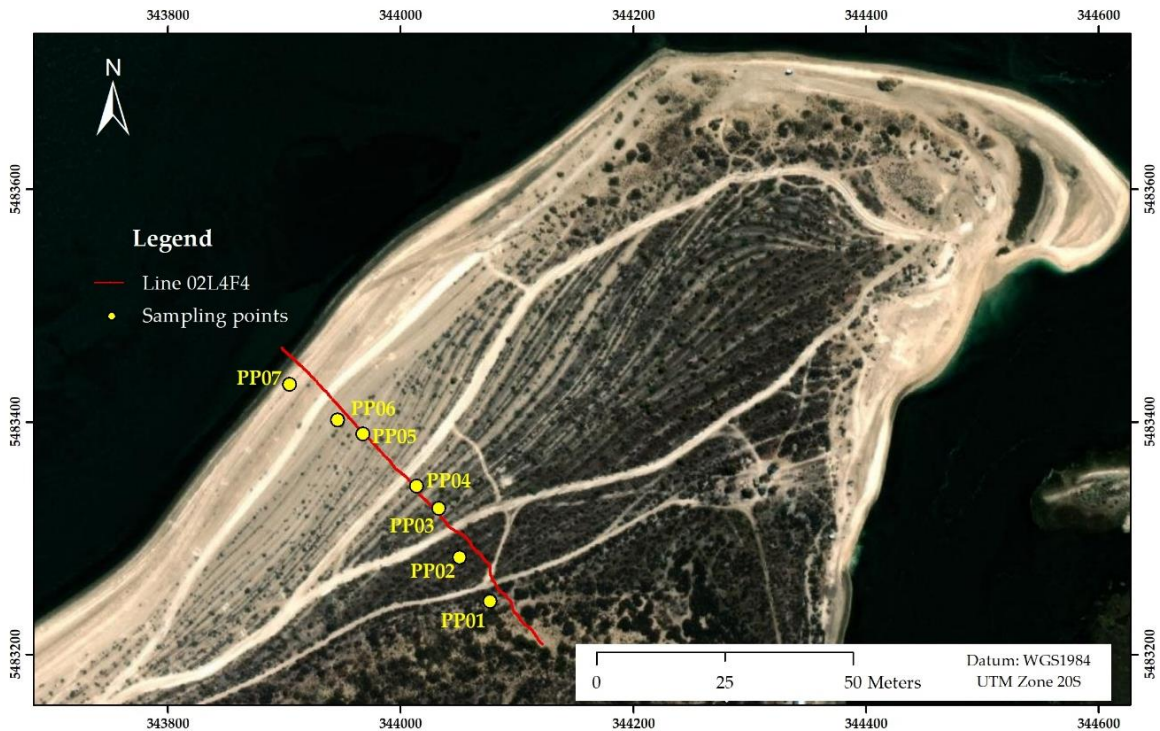
233

234 Os dados GPR foram processados no *ReflexW* versão 8.5.6 usando o seguinte
235 fluxo de processamento: *Staticcorrection*; *Subtracting average*; *Subtract-mean*
236 (*Dewow*), *Remove header gain*; *Energy decay*; *Fkfilter*; *Band passfrequency*; *Correct*
237 *3D topography*; *Time-depthconversion*; *Running average*.

238 A aplicação de operadores matemáticos no domínio da frequência permitiu a
239 remoção de ruídos de baixa e de alta frequência do sinal, além de ter possibilitado o
240 balanceamento do espectro de frequência em torno da frequência central da antena
241 utilizada, no caso, 400 MHz. Além do mais, a etapa de correção topográfica foi
242 fundamental para corrigir as distorções nas geometrias das feições de interesse desta
243 pesquisa, e a etapa de conversão de tempo em profundidade foi realizada utilizando-se
244 a velocidade 0,154 m/ns, calculada a partir da análise de hipérbolas encontradas
245 nos radargramas. Por fim, o ganho utilizado permitiu uma melhor visualização dos
246 refletores de interesse, inclusive em áreas onde ocorreram atenuações no sinal
247 eletromagnético.

248 As determinações de idade dos isótopos foram realizadas por meio de análises
249 de ^{14}C estáveis no Laboratório de Espectrometria de Massas do Centro de
250 Radiocarbono de Vilnius para Ciências Físicas e Tecnologia (Vilnius, Lituânia),
251 utilizando um Espectrômetro de Massa Acelerador de Estágio Único (SSAMS, NEC,
252 EUA) e o equipamento *Automated Graphitization Equipment AGE-3* (IonPlus AG). As
253 amostras, compostas por conchas coletadas na praia de Punta Perdices, foram
254 submetidas a tratamento com ácido fosfórico, e para fins de referência, foram
255 utilizados os materiais IAEA C2, SIRI K e AIEA C7.

256

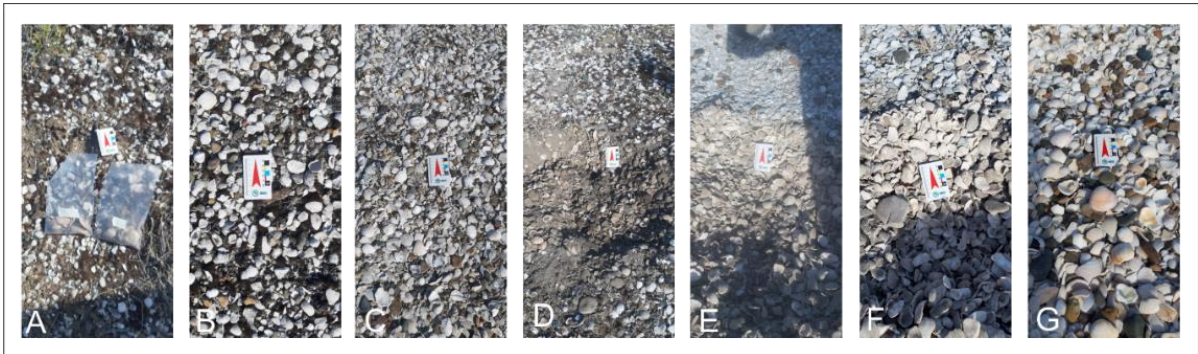


257

258

Figura 4: Pontos de amostragem ao longo do perfil 02L4F4. Sete amostras foram coletadas para fins de datação.

260



261

262

Figura 5: Sequencialmente, de (A) até (G), são fotos representativas dos locais de coletas de amostras, de PP01 a PP07: (A) é a amostra PP01, amostra mais distante da costa (inland), e (G) a amostra PP07, mais costeira.

264

265

4. Síntese dos resultados e conclusões

266

267

268

269

270

271

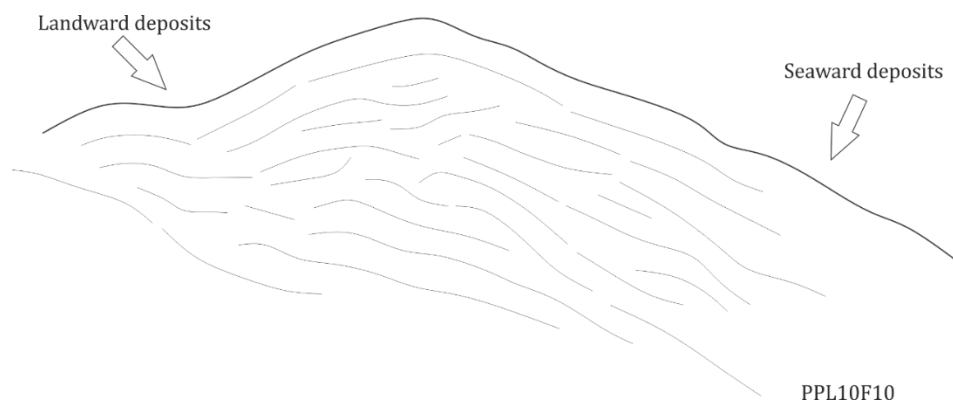
272

Após o processamento dos dados no *software ReflexW*, os perfis foram interpretados, respeitando as terminações dos truncamentos das camadas, caracterizando a assinatura do registro GPR de materiais bioclásticos com terminações típicas para este tipo de material sedimentar. Na figura 6 pode-se observar um detalhe do perfil PPL10F10, em que uma característica *beach ridge* de Punta Perdices é constituída, com depósitos de *foreshore* e *washover*, em que a descontinuidade dos refletores é claramente identificada.

273 O perfil 02L4F4 (Figs. 7, 8 e 9) transpassa os sete *sets* de *beach ridges* que
274 foram identificados pelos truncamentos em imagem de satélite. Já o perfil 02L1F1
275 (Figs. 10 e 11) transpassa por apenas os quatro *sets* mais recentes de *beach ridges*.
276 Essas interpretações, unidas às datações de diferentes idades, corroboram para as
277 propostas de hipóteses de diferentes áreas-gênese dos bioclastos que constituem a
278 praia em estudo, além de entender a área como um terraço marinho-costeiro por
279 causa da homogeneidade das cotas das cristas na mesma posição do nível do mar.

280

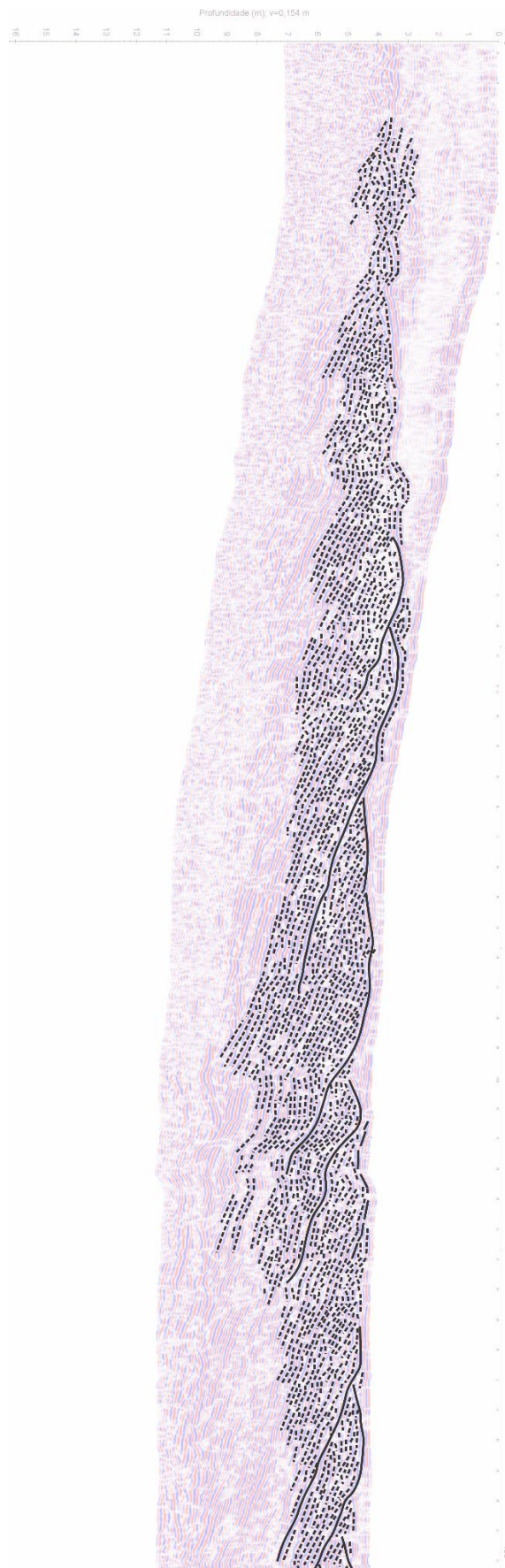
281



282

283 Figura 6: Detalhe de *beach ridge* do perfil PPL10F10. Neste detalhe são característicos os depósitos de *washover*,
284 a crista de praia e depósitos de *foreshore*.

285



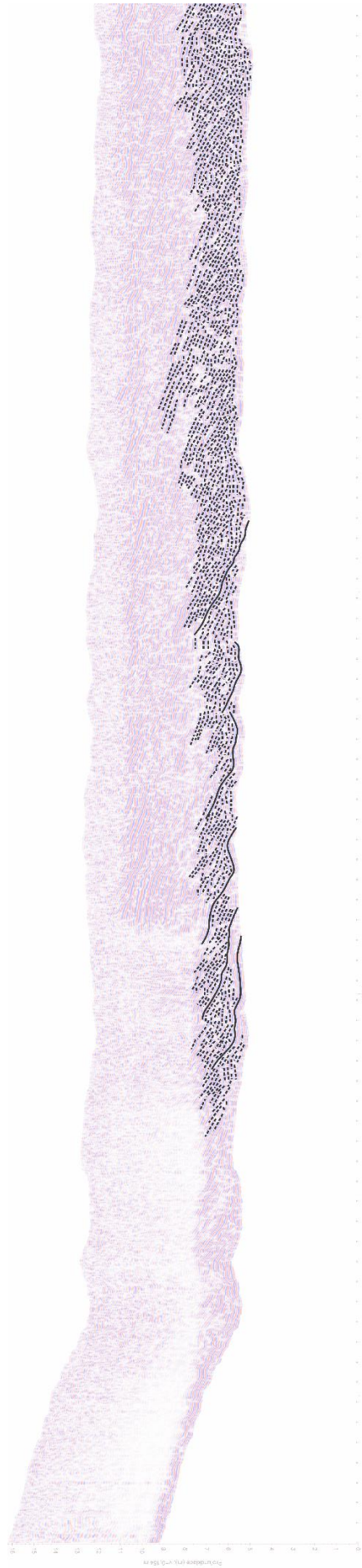
286

287 Figura 7: Radargrama do perfil 02L4F4 interpretado (parte 1).



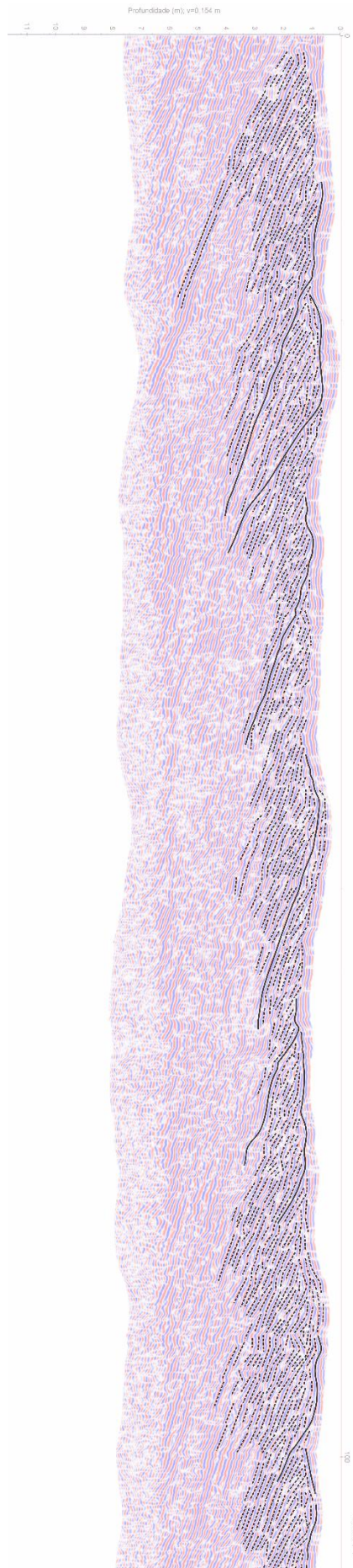
288

289 Figura 8: Radargrama do perfil 02L4F4 interpretado (parte 2).



290

291 Figura 9: Radargrama do perfil 02L4F4 interpretado (parte 3).



292

293 Figura 10: Radargrama do perfil 02L1F1 interpretado (parte 1).



294

295 Figura 11: Radargrama do perfil 02L1F1 interpretado (parte 2).

296 **5. Artigo submetido**

297

298 **Architecture of Shelly Beach Ridges in a Sheltered Beach Environment in Punta**
299 **Perdices Beach, San Antonio Bay, Argentina**300 Paula N. M. Schffer^{1,2*}, Elírio E. Toldo Jr^{1,2}, José Carlos Rodrigues Nunes^{1,2}, Cristiano
301 Fick^{1,2}, Francisco Pinheiro Lima-Filho², Salvador Aliotta³, Eduardo Puhl¹, João
302 Andrade dos Reis Junior⁴, Elis Figueiredo Oliveira⁵

303

304 *¹Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica, Instituto de Geociências,*
305 *Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil*306 *²Programa de Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Porto*
307 *Alegre, Brasil*308 *³Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal,*
309 *Brasil*310 *⁴Departamento de Geología, Universidad Nacional del Sur, San Juan, Bahía Blanca,*
311 *Argentina*312 *⁵Universidade Federal Rural da Amazônia, Capanema, Brasil*313 *⁶Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, São Paulo, Brasil*314 **Abstract**315 *On the northern coast of the San Matías Gulf, Argentina, San Antonio Bay is*
316 *developed, with an approximate area of 160 km². The region has a diversity of*
317 *depositional systems, both inside and outside the bay, morphologically represented by*
318 *the deposits of plains and tidal channels, beach ridges, beaches and dunes. In this*
319 *environment relatively protected by the Villarino Peninsula, against the high energy of*
320 *waves coming from the gulf, the circulation of water is governed by a regime of*
321 *semidiurnal macro-tides with syzygy amplitudes of up to 9 m, which enter through the*
322 *single channel, communicating the bay to the ocean. The edges of the Villarino*
323 *Peninsula have a large number of beach ridges, in the form of modern and extensive*
324 *deposits of bioclasts, where bivalves with whole, fragmented and gastropod valves*
325 *predominate. The objective of this work is the development of models of depositional*

326 *architecture of the coquinas of the Villarino Peninsula, through terrain mapping (DGPS)*
327 *and acquisition of lines by ground penetration radar (GPR), in addition to*
328 *understanding the Holocene-modern sedimentary dynamics of this region. Surveys*
329 *with GPR were carried out in the sector of Punta Perdices Beach in the Peninsula*
330 *Villarino sectors of bioclastic deposits, in a total of 23 GPR lines, where there are*
331 *several sets of beach ridges (Holocene) with an average width of 100 m, which extend*
332 *for more than 1 km, located in the sheltered area of the bay. The processed and*
333 *interpreted GPR data were used to investigate the lateral and vertical relationships of*
334 *the facies, the depositional geometries and geophysical signatures, developed by*
335 *progradation mechanisms induced by the hydrodynamics of waves and tides. The*
336 *genesis of these extensive and abundant deposits of bioclasts are discussed, mainly*
337 *due to the macro tide regime of the region and the drift of the semicircular bay.*
338 *Depositional models of coquinas in Pleistocene, Holocene and modern beach*
339 *environments are scarce in the literature, and the results obtained will possibly be*
340 *analyzed compared to hydrocarbon deposit analogues.*

341

342 **Keywords:** beach ridges, bioclasts, prograding sheltered area

343

344 1. Introduction

345 Beach ridges, defined by Otvos (2000), are linear shapes parallel or subparallel
346 to the coastline, generally constituted by siliciclastic or limestone sediments with
347 varying dimensions. A sequence of beach ridges, together with their subsurface
348 deposits, can be considered a time series for understanding coastal evolution (Tamura,
349 2012), and can act as indicators of the position and shape of the paleo coast and of
350 possible sea level fluctuations (Tanner & Stapor, 1971; Mason & Jordan, 1993; Otvos,
351 2000; Tamura *et al.*, 2008; Tamura, 2012; Billy *et al.*, 2014). Beach ridges can be found
352 and identified in several locations such as Australia (Jahnert *et al.*, 2012), North
353 America (Thompson & Baedke, 1995; Tanner, 1995), East Africa (Anthony, 1995) and
354 South Brazil (Hein *et al.*, 2013).

355 The sequences of beach ridges are frequent components in the quaternary
356 coastal plains. The Quaternary is characterized by global climatic oscillations and
357 consequent transgressive and regressive events in coastal areas (Rohling *et al.*, 2008;
358 Charó *et al.*, 2014), which promotes the development of these forms which, mainly
359 caused by the action of waves, are associated with coastal processes in which
360 sedimentary deposition occurs (Stapor, 1975; Otvos, 2000; Tamura, 2012).

361 The beach ridges are coastal morphologies that represent past sea levels
362 (Fucks & Schnack, 2011) and the beaches of Bahía San Antonio, Argentina, present
363 a series of these coastal ridges that stand out for several particularities such as
364 frequent recurrence, almost entirely bioclastic composition and, above all, to the
365 extensive area in which the ridges are highlighted (Aliotta *et al.*, 2000; Carbone *et al.*,
366 2007; Fucks & Schnack, 2011). These crests form a long system of coquinas, basically
367 composed of bivalve and gastropod valves, in addition to sandy gravel (Fucks &
368 Schnack, 2011; Charó *et al.*, 2014). As demonstrated in recent studies of isotopic
369 marine stages (MIS) of transgressive and regressive events and stratigraphic
370 correlations in the area, this system was built from the systematic accretion of shells
371 as beach strands from the Pleistocene to the Holocene (Rutter *et al.*, 1989, 1990;
372 Fucks & Schnack, 2011; Charó *et al.*, 2014; Kokot & Favier-Dubois, 2017).

373 The strands of coquinas exhibit peculiar depositional patterns, since they are
374 linked to a specific geographical position in relation to the change in sea level, coastal
375 morphology and platform (biomass production area) which favors the deposition of
376 shells (Sanderson *et al.*, 2000, Jahnert *et al.*, 2012). The high bioclastic productivity
377 provides the substrate with exoskeletons of carbonate material that are subject to
378 rework, mainly during storms, which sweep the marine platform and transport entire

379 and disjointed shells to the coastline and also to the inner plain (Logan *et al.*, 1974;
380 Jahnert *et al.*, 2012; Weil *et al.*, 2013).

381 The investigation of the internal architecture of the coquina deposits is an
382 incipient topic in the literature. However, recently these deposits have become
383 important objects for the geological study since they became a significant
384 representative for hydrocarbon reservoirs (Jahnert *et al.*, 2012; Chinelatto *et al.*, 2018;
385 Oliveira *et al.*, 2019; Rigueti *et al.*, 2020). Studies related to coquina deposits
386 analogous to the recent (Jahnert *et al.*, 2012; Billy *et al.*, 2014) or geological record
387 (Tavares *et al.*, 2015) and physical laboratory simulations (Thompson & Amos, 2002;
388 Weil *et al.*, 2013; Fick *et al.*, 2018 and 2021), have been carried out to gather
389 information that allows a better interpretation of the sedimentary processes active in
390 the generation of coquinas, as well as to establish diagnostic standards of degree of
391 rework, orientation and organization of the shells and sedimentary structures.

392 Such advances in the methodology include the application of the Ground
393 Penetrating Radar that allows a detailed paleoenvironmental reconstruction of the
394 coquina deposits on beach ridges (Weil *et al.*, 2012, 2013; Tamura, 2012). GPR is a
395 geophysical method that uses the reflection of electromagnetic waves due to the
396 dielectric properties of the material's heterogeneity in subsurface. This method is
397 effective in obtaining a continuous image of the internal sedimentary structure of these
398 deposits (Tamura, 2012; Billy *et al.*, 2014), since it is possible to identify the angular
399 slope of the paleo-beachface, with values of approximately 1–2° in fine sand, 3–6° in
400 coarse sand and 23° in gravel, in addition to the variation between sets (Jol *et al.*, 1996,
401 Clifton, 2006; Tamura, 2012).

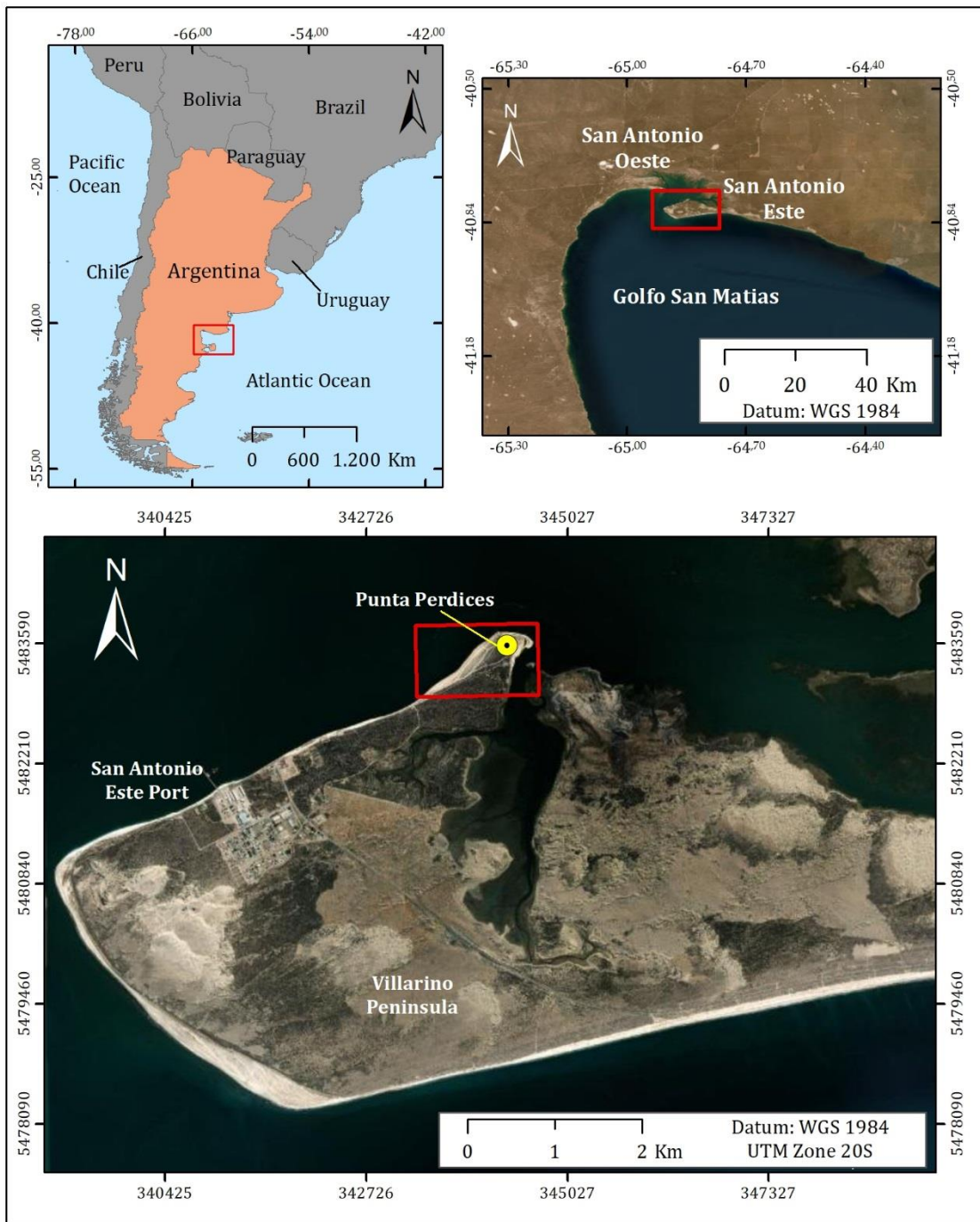
402 Progradation is the diagnostic depositional trend for regressions, and is defined
403 as the building forward or outward toward the sea of a shoreline or coastline by
404 nearshore deposition by continuous accumulation of beach material thrown up by
405 waves or moved by longshore drifting (Bates and Jackson, 1987). A regression is
406 defined as the seaward migration of the shoreline. The marine water near the shoreline
407 is shallow in response to this migration, which also causes a comparable seaward shift
408 in sedimentary facies (Catuneanu, 2002). Regressions cause progradational stacking
409 patterns, such as the movement of nonmarine facies toward and on top of marine
410 facies. As sedimentation rates outpace the slow rates of base level rise at the
411 shoreline, normal regressions happen in the early and late stages of base level rise. In

412 this instance, aggradation is accompanied by sediment bypass, the newly formed
413 accommodation is completely eaten by sedimentation, and progradation takes place.

414 In order to investigate the hydrodynamic agents that control the high concentration of
415 shells and the consequent formation of the beach ridges, this article presents a study
416 on the architecture of these deposits in Bahía San Antonio, Argentina, which expose
417 bioclastic components. This study employed an electromagnetic geophysical method,
418 Ground Penetrating Radar, kinematic topographic surveys in real time (RTK-GPS) and
419 sample analysis and radiocarbon dating. Based on these methods, the objective is to
420 interpret the mechanisms responsible for the genesis and migration of this features.

421 **2. Regional setting**

422 San Matías Gulf, one of the most important Patagonian gulfs of the Argentine
423 platform (Fig. 1A), has a semi-closed river basin of 17,000 km², with a depth of around
424 200 m, bathed by the Atlantic Ocean and in its northern sector the San Antonio Bay
425 develops (Fig. 1). This semi-closed bay is truncated by two important tidal channels
426 generating a complex network of dendritic drainage. It covers a surface of 160 km²
427 (Fig. 1B) and has a tidal range of 8 m, this semicircular bay presents land projections
428 in sand barrier forms in both shores (San Antonio Este and San Antonio Oeste). These
429 sand barriers serve as a protection against the strong energy preventient from San
430 Matías Gulf, resulting in different environments across the bay (Carbone *et al.*, 2007,
431 Charó, 2013). In the north face of both coastal arrows, some sectors present an
432 important number of beach ridges attached to each other. They are basically
433 composed by organic remains, evidencing in both cases a sense of accumulation
434 towards the interior of the bay (Fucks & Schnack, 2011). The beach ridge system
435 studied in this paper consists of crests that are concentrated specifically on Punta
436 Perdices beach located in San Antonio Este (Fig. 1C), that is an estuarine system
437 placed on northwest of San Matias Gulf, Argentina (40°42'/40°50' S 64°43'/65°07' O)
438 (Fucks, & Schnack, 2011, Charó, 2013, Kokot & Favier-Dubois, 2017).



439

440 Figure 1. (A) San Matías Gulf, Río Negro Province, Argentina; (B) Location map of the study area:
 441 Villarino Peninsula; (C) Location map of Punta Perdices Beach and its morphological details surrounding
 442 it. Basemap from ArcGIS software.

443 The morphological configuration of San Antonio Bay is controlled by the tidal
 444 activity of San Matías Gulf, and integrates tidal flats, ridges, sand barriers, beaches
 445 and dunes. The dynamics of the marine waters and tidal in this system is dominated
 446 by the principal channel which brings together a series of secondary tidal channels
 447 (Carbone *et al.*, 2007). A semidiurnal tidal regime, with spring ranges of about 9 m (Fig.
 448 2D), is the main circulation factor between the bay and gulf (Aliotta *et al.*, 2000). Also,

449 to these authors, the more important morphological features in the bottom are the
450 presence of intertidal banks attached to the main channel and the asymmetry of the
451 ebb tidal delta resulting from the interactions of waves coming from the east and wind-
452 driven currents from the west. Inside the bay, in situ observations, during field surveys
453 in the study area, revealed the importance of waves generated by local winds, mainly
454 those more frequent from the west, in the generation of waves of small amplitude, but
455 with a high angle of incidence.

456 The analysis of the wind's frequency at the northern part of San Matías Gulf by
457 Fucks *et al.* (2015), relates the maximum average wind speeds correspond to the
458 winds coming from the S and W (24 km/h), SW (22 km/h), SE (20 km/h). These
459 conditions of atmospheric circulation induce the incidence of local waves from the west
460 to Punta Perdices region, favoring the longshore drift to NE due to the SW-NE
461 alignment of the beach. Most part of the year, the gulf is characterized by the presence
462 of a thermo haline front that separates the warm and saline waters of the northern
463 sector, from the colder and less saline ones, which enter the southern sector (Piola &
464 Scasso, 1988; Charó, 2013). A dominant feature of the Gulf of San Matías circulation
465 is the presence of a cyclonic spin that occupies almost its entire surface and two
466 anticyclonic spins to the south controlled by the action of the wind (Tonini *et al.*, 2007;
467 Charó, 2013). Beaches developed on coastal spores within San Antonio Bay have
468 steep slopes of approximately 15-20° and are composed almost entirely of thin and
469 medium gravel and shells of mollusks, observed for newly formed storm cords. These
470 gravels are composed mainly of quartz, basalt, andesite, riolith, sandstone and tuft.
471 They are well rounded and possess high flattening index and have been transformed
472 from Pleistocene and Holocene deposits (Fucks & Schnack, 2011).

473 Recent studies analyzed geomorphological features along the northern coast of
474 San Matías Gulf and described coastal deposits attributed to at least four transgressive
475 cycles. Among these marine accumulation, three of those were attributed to the
476 Pleistocene represent the Interglacial deposits (MIS 9?, MIS 7, MIS 5e) and the
477 Holocene to Interglacial MIS 1 (Fucks *et al.*, 2012b; Charó 2013).

478 Angulo *et al.* (1978), differentiate the deposits of San Antonio Bay into two
479 stratigraphic units: Baliza San Matías Formation (Late Pleistocene) and San Antonio
480 Formation (Holocene), based on morphology, stratigraphic position and degree of
481 lithification. In 1918 Wichmann was the first to describe San Antonio Formation
482 deposits, assigning them to a Quaternary formation, recognizing it on the outskirts of

483 the coast of San Antonio Bay. The coquina ridges are the most terrestrial unit of the
484 Holocene sedimentary depositional sequence that occupies the margins of San
485 Antonio Este, and the San Antonio Formation represents them (Martinez *et al.*, 2001).
486 The San Antonio Formation is composed of sandy gravel, sand and abundant shells
487 (Fig. 2E). The most frequent species are *Glycimeris longior*, *Chlamys* sp., *Piter rostrata*
488 and *Crepidula protea* (Angulo *et al.*, 1978). This formation generates elevated beaches
489 and ridges up to an altitude of 15 to 20 meters above sea level corresponding to the
490 Upper Pleistocene/Holocene, covered by aeolian sediments of different thickness
491 (Fidalgo & Rabassa 1984; Gelós *et al.*, 1992). The majority of the boulders are
492 composed by basalt and porphyry, have sizes ranging between 2 and 5 cm (with an
493 average diameter of 3 cm), and present a high degree of rounding and flattening,
494 characteristic of beach gravel (Angulo *et al.*, 1978; Fidalgo & Porro, 1981). The lower
495 part is gray to whitish-grey, and the upper part, somewhat siltier, is brown gray to brown
496 (Fidalgo & Porro 1981).

497

498 **3. Methods and equipment**

499 The methodology used to elaborate this paper first consisted in mapping the
500 area of Punta Perdices using topography maps. Using ArcGIS software, and with these
501 materials, it was possible to map the ridge system in the area. This material was
502 employed to identify the different geomorphological features in order to establish the
503 proper places to observe in the field.

504 In the field, the main objective was visiting the pre-selected points, recognize
505 new interest areas and acquire the GPR profiles. The acquisition of transects were
506 obtained by a high-resolution GPR imaging, resulting in twenty-three profiles, that were
507 worked in *ReflexW* software to following interpretations. In order to enhance this study,
508 seven surface sediments were sampled at beach ridges in Punta Perdices, through
509 the longest profile. Samples were collected for sedimentological, paleo biological and
510 geochronological determinations.



511

512 *Figure 2. (A) Cut of outcrop in which the planar organization of the shells is observed in*
 513 *addition to the presence of some pebbles of igneous origin with dark coloration; (B)*
 514 *Geophysical survey with 400MHz antenna; (C) Beach crests can also be distinguished by*
 515 *the color difference and in this photo the RTK GPS survey; (D) Transversal view of the*
 516 *foreshore, and one can observe the low tide and how the tidal channels behave during the*
 517 *day; (E) Detail of the shells, which have light coloration, which compose the sediment of*
 518 *the beach and often exceed 10 cm in length; (F) Longitudinal view of Punta Perdices and*
 519 *San Antonio East Port in the end of the beach.*

520

3.1 Ground Penetrating Radar

521

522

523

524

525

526

527

528

529

530

531

532

533

534

535

536

537

538

539

In addition to topographic surveys with Real Time Kinematic GPS system (RTK) (Fig. 2C) with a horizontal positioning accuracy of 50 cm, this study used an electromagnetic geophysics method, the Ground Penetrating Radar (GPR) with one antenna of 400MHz (Fig. 2B).

The GPR is a geophysics method that uses the reflection of electromagnetic waves from the dielectric properties of the subsurface material heterogeneity, and is often used to obtain images from clastic deposits, since it is possible to identify the angular slope of the frontal reflection of the ridge, with values of approximately 1–2° in fine sand, 3–6° in coarse sand and 23° in gravel, in addition to the variation between sets (Jol *et al.*, 1996, Clifton, 2006; Tamura, 2012). It does this by generation,

531 transmission, propagation, reflection and reception of discrete pulses of high-
532 frequency electromagnetic energy in the megahertz (MHz = 10⁶ Hz, 1 Hz = 1 cycle/s)
533 frequency range.

534 The GPR have been used to reconstruct past depositional environments and
535 the nature of sedimentary processes in a variety of environmental settings and mostly
536 to assist in hydrocarbon reservoir analogue studies. Using a correctly processed radar
537 profiles and at the resolution of a survey, primary reflections usually parallel primary
538 depositional structure.

539 The GPR data were processed in ReflexW version 8.5.6 using the following
540 processing flow: Staticcorrection; Subtracting average; Subtract-mean (Dewow),
541 Remove header gain; Energy decay; Fkfilter; Band passfrequency; Correct 3D
542 topography; Time-depth conversion; Running average. The application of
543 mathematical operators in the frequency domain allowed the removal of low and high
544 frequency noises from the signal, besides having made it possible to balance the
545 frequency spectrum around the central frequency of the antenna used, in this case,
546 400 MHz. and the step of time-to-depth conversion was performed using the speed
547 0.154 m/ns, calculated from the analysis of hyperbolas found in the radargrams.
548 Finally, the gain used allowed a better visualization of the reflectors of interest,
549 including in areas where attenuations occurred in the electromagnetic signal.

550 **3.2 Radiocarbon Dating**

551 Isotope ages were obtained by ¹⁴C stable using analytical procedures of the
552 Mass Spectrometry Laboratory of the Vilnius Radiocarbon Center for Physical
553 Sciences and Technology (Vilnius, Lithuania). The equipment used for analysis was a
554 Single Stage Accelerator Mass Spectrometer (SSAMS, NEC, USA), Automated
555 Graphitization Equipment AGE-3 (IonPlus AG) and the method of analysis were
556 consisted in samples (containing shells collected from Punta Perdices beach) that
557 were treated by reacting with phosphoric acid. IAEA C2, SIRI K and IAEA C7 were
558 used as reference materials.

559

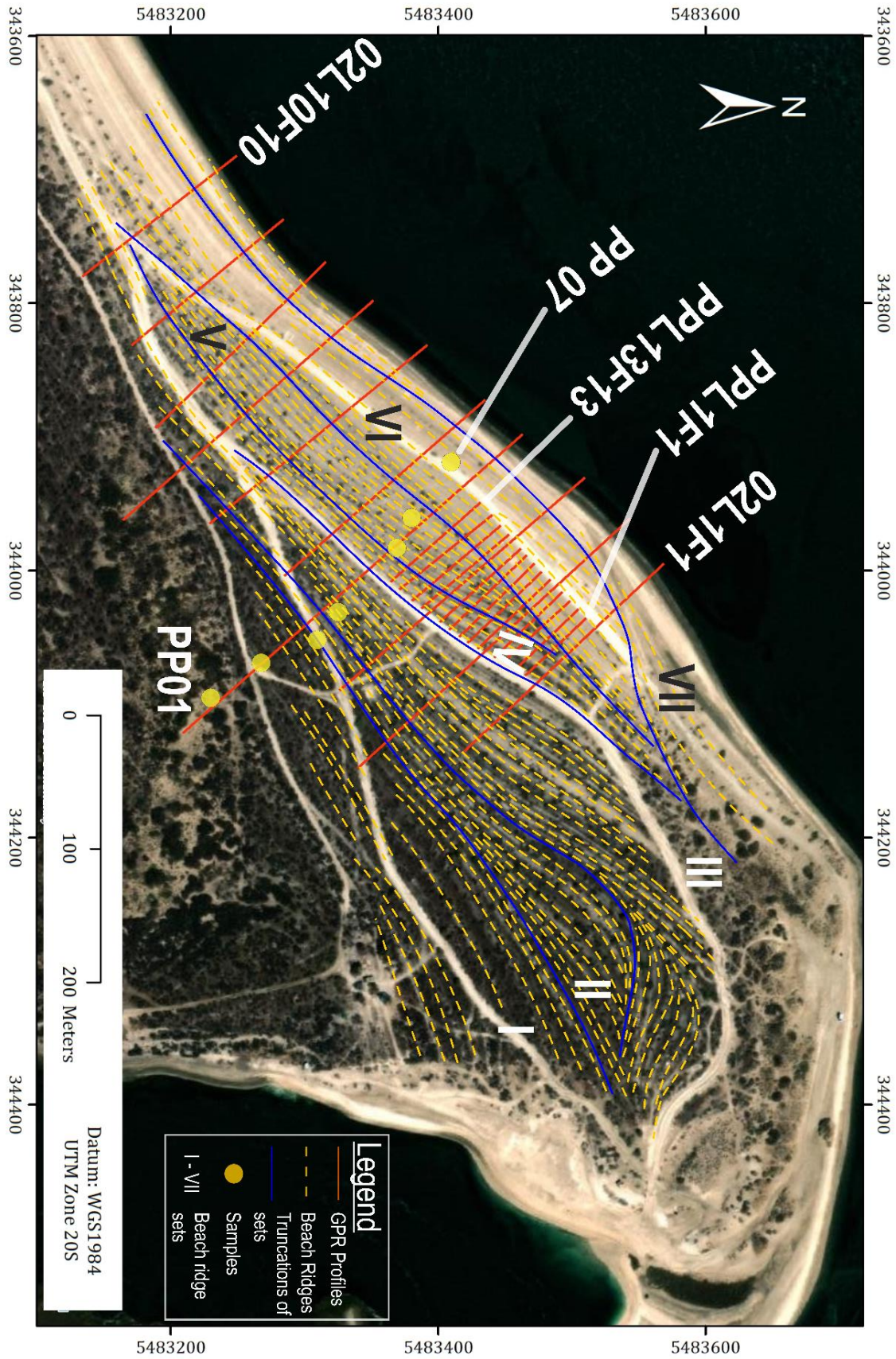
560 **4. Results**

561 Villarino Peninsula has beach ridges are characterized by pebbles of
562 volcanic igneous rocks and sand dunes besides the high shell's concentration. The
563 volume of these pebbles increases as we move towards the sea and, advancing

564 towards the land, the oldest beach ridges are partially covered by dunes. These
565 deposits belong to the Holocene (Interglacial MIS 1) and were generated during a
566 marine regression after a transgressive maximum in the middle Holocene (Charó
567 *et al.*, 2014; Favier-Dubois *et al.*, 2009). In the field, in the Punta Perdices region,
568 23 GPR profiles were acquired, processed using the ReflexW software, and divided
569 into the Regular Mesh (02L1F1 to 02L10F10) and Dense Mesh (PPL1F1 to
570 PPL13F13), which was used to investigate the lateral continuity of beach ridges
571 (Fig. 3). The Regular Mesh has 10 profiles that range from 150 m to 350 m in length,
572 covering sand dunes deposits and beach ridges; while Dense Mesh has 13 profiles
573 with a range between 60 m to 91 m that are disposed between the profiles of
574 Regular Mesh.

575 The topographic elements that make up the beach ridges are presented in Table
576 1. All the GPR profiles succeeded to image the Punta Perdices shell deposits and the
577 electromagnetic signal was able to penetrate up to 8 m deep into the ground. Profile
578 02L4F4 of the spaced mesh (set A) is the longest one (346 m long) and has
579 approximately 48 identified beach crests. Other profiles of set A are on an average of
580 210 m and 23 beach ridges. Set B has a pattern that is repeated in the 13 profiles: an
581 average of 80 m long and 13 beach crests. A notable issue to considerate is the high
582 dip angle of the reflections. The average angle follows a pattern in all 23 profiles:
583 27.59° . The amplitude of swale-ridge has an average of 0.64 m. The high angle of the
584 layers and the amplitude of the swale-ridge reaching up to 1.5 m, as seen in the
585 radargrams, reflect the importance of tidal amplitudes, which can be amplified during
586 storm events, even inside the bay. The profiles showed deposits of prograding tabular
587 bodies which indicate sharp contacts exposing angular unconformities between each
588 one of them.

589 The vertical height of the wave oscillation over the foreshore (swash surge) and
590 the elevation of the berm crest are often equal, and in this study, is presented in an
591 average of 3.0 m high. The next inland ridge may be affected if the swash is strong
592 enough to carry coarse gravel together with water and smaller particles that wash up
593 even over the berm and crest. High-tide berms may be eroded and redeposited over
594 the course of a storm, lasting anywhere from minutes to hours (Scheffers *et al.*, 2011).
595 The high bioclastic productivity provides the substrate with exoskeletons of carbonate
596 material that are subject to reworking (Logan *et al.*, 1974; Jahnert *et al.*, 2012; Weil *et al.*,
597 2013), especially during storms, which sweep across the marine shelf and transport
598 whole and disarticulated shells to the shoreline and also to the inland plain.

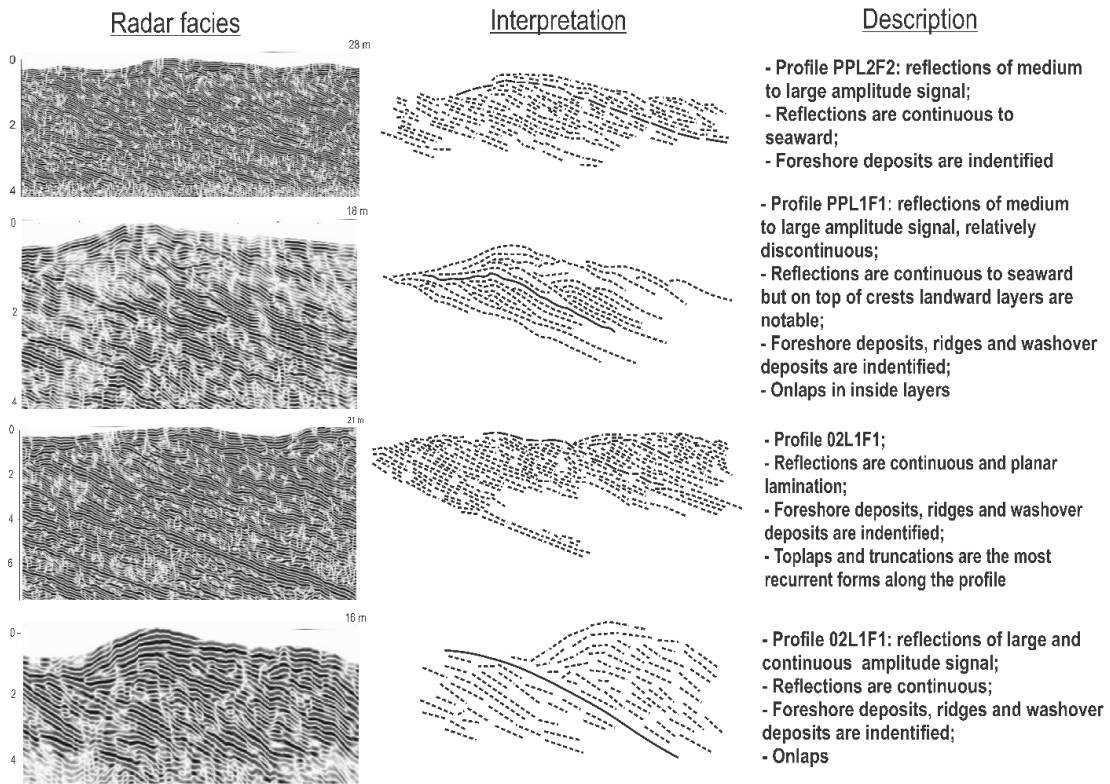


599
600
601
602
603

Figure 3. Location map of the geophysical survey (ArcGIS basemap processed image). Orange lines represents the location of GPR profiles. The yellow lines represent the tracing of beach ridges crests, and the blue lines the demarcation of the beach ridges sets. In the northern part of the area, the end of the biodebitric spit is observed.

604 The sets in Punta Perdices are classic and feature the main morphology of
605 beach ridges: foreshore deposits, ridges and washover elements (Fig. 4). The part of
606 the beach where wave energy is absorbed by the land is called the foreshore. Granular
607 particles are dispersed and shifted by the energy of waves and coastal currents,
608 sculpting the shoreline. The foreshore is one of the most dynamic parts of the shore
609 because of the patterns of erosion and accretion that result (Clifton, 2005). Foreshore
610 deposits in Punta Perdices are classical, lie within an intertidal zone subject to the
611 swash and backwash of the waves. Foreshore sediments are typically very well sorted
612 – in this case all represented by shells - and characterized by planar lamination (Fig.
613 4) and Punta Perdices' radargrams presented these deposits parallel or sub-parallel.
614 This fact could be observed in beach clippings in outcrops of the Porto region, in which
615 the rock cutting exposures were visible (Fig. 2A).

616 Washover elements were also visible through radargrams (Fig. 4), which are
617 deposits made as a result of the sediments being overwashed. They have been
618 described as the continuation of the swash sudden increase over the crest of the
619 landward berm in high-energy circumstances by Leatherman (1987). Many variables,
620 including as the rate of bioturbation, the frequency of overwash, the thickness of the
621 units, and the magnitude and pace of sea level change, affect the preservation
622 potential of individual storm units and the washover facies. After reworking,
623 differentiating individual units and subfacies is more challenging than identifying the
624 facies. The height of the storm surge, the height of the waves, the degree of overwash
625 flow restriction, and the elevation of the barrier all have a significant impact on the
626 hydraulic conditions during overwash episodes (Ritchie and Penland, 1990).



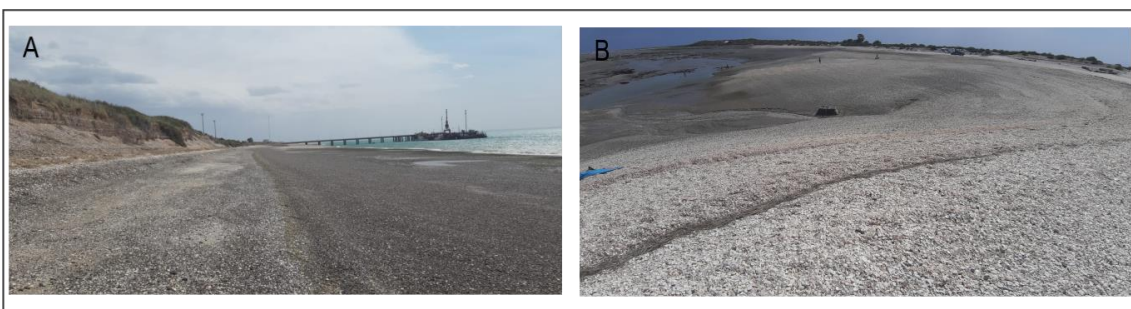
627

628 *Figure 4. Synthesis of radar facies features of the area (reflector pattern, description and interpretation).*

629

630 All these elements, in addition to the concentration of more than 3.0 m high (Fig.
 631 5B) of shells in the west spit of Punta Perdices, contribute to observations that lead to
 632 a field observation: the progradation morphology of the terrain into north general
 633 direction.

634



635

636 *Figure 5. (A) San Antonio Este Port; (B) Shell buildup and 3 m high spit growth in Punta Perdices due to continental*
 637 *drift and eroded cliffs in San Antonio Este Port.*

638 *Table 1. Synthesis of beach ridges features, sedimentary and topographic characteristics of all GPR profiles in*
 639 *Punta Perdices.*

Profile	Size of Profile (m)	Approx. Number of Ridges	Distance Between Individual Ridges (m)	Ridge Elevation (m)	Amplitude of Swale-Ridge (m)	Dip Angle of GPR Reflections (°)
02L1F1	206.0	26	7.92	3.00	0.92	25.80
02L2F2	281.0	32	8.78	3.00	0.67	26.71
02L3F3	247.0	25	9.88	3.00	0.68	26.26
02L4F4	346.0	48	7.21	3.50	0.75	27.35
02L5F5	203.0	20	10.15	3.50	0.88	28.21
02L6F6	219.0	21	10.43	3.50	0.68	28.17
02L7F7	260.0	31	8.39	3.50	0.19	28.15
02L8F8	183.0	25	7.32	3.00	0.76	26.26
02L9F9	150.0	17	8.82	3.00	0.64	25.14
02L10F10	151.0	15	10.07	3.50	0.59	30.09
PPL1F1	63.8	9	7.09	2.50	0.78	28.54
PPL2F2	65.0	8	8.13	2.50	1.50	29.32
PPL3F3	68.2	10	6.82	2.50	0.51	30.06
PPL4F4	72.9	8	9.11	2.50	0.47	28.34
PPL5F5	75.8	9	8.42	2.50	0.44	28.97
PPL6F6	78.4	6	13.07	5.00	0.72	24.74
PPL7F7	80.4	8	10.05	2.50	0.49	27.32
PPL8F8	81.7	12	6.81	2.50	0.51	26.95
PPL9F9	84.7	10	8.47	2.50	0.50	29.40
PPL10F10	86.4	11	7.85	3.00	0.41	24.97
PPL11F11	89.0	8	11.13	2.50	0.58	28.51
PPL12F12	91.0	10	9.10	2.50	0.47	26.14
PPL13F13	90.9	8	11.36	2.50	0.51	29.15

640

641 Beach ridges can be analyzed through sets that are represented in figure 3.
 642 Such sets are differentiated by plan view in satellite image analysis of the behavior of
 643 each ridge, and what is noted is that the truncations between ridges are the

644 identification key of the sets. In the study area, seven sets of beach ridges were
645 observed (Fig. 3).

646 The slopes observed in the profiles were notable for their high angle
647 presentation—an average of 27.5° —which made them intriguing. Mason and Jordan
648 (1993) stated that ridges of coarse material (pebbles, cobbles, boulders) are usually
649 steeper than those consisting of sand, which corroborates the sedimentary material
650 that make up the ridges of Punta Perdices, shells of coarse size.

651 Samples collected along the 02L4F4 profile were sent for carbon 14 dating
652 (Table 2). The results showed that these beach deposits are Holocene, including the
653 most landward ridge (Fig. 3). The result of sample PP03 is debatable, since this ridge,
654 evaluating the result of the dating, appears to be younger than its posterior ridge.
655 Therefore, the different ages measured by the ^{14}C method demonstrate that biodetrital
656 gravel sources have different ages. The results are given in years before 1950
657 (radiocarbon age BP). The uncertainty in the age determination is given +/- one
658 standard deviation. All radiocarbon ages are corrected for isotopic fractionation using
659 the measured 13/12-ratio. The radiocarbon ages must be translated to calibrated
660 radiocarbon years.

661 *Table 2. Results of analysis of ^{14}C Dating of Punta Perdices' samples.*

662	Sample	Dating by C^{14} (BP)	pMC
663			
664	PP01	4344±27	58.22±0.20
665	PP02	3388±27	65.59±0.22
666	PP03	2852±26	70.11±0.23
667	PP04	3964±28	61.05±0.21
668	PP05	3376±26	65.68±0.22
669	PP06	3142±26	67.62±0.23
670	PP07	2959±25	69.18±0.22
671			
672			

673 5. Discussion

674 5.1 Beach ridge architecture and evolution

675 Punta Perdices' beach ridges are above all, shell banks composed by
676 allochthonous shells, transported through inside the bay. As demonstrated in recent
677 studies of marine isotopic stages (MIS) of transgressive and regressive events and
678

679 stratigraphic correlations in the area, this system was built from the systematic
680 accretion of shells as beach ridges from the Pleistocene to the Holocene (Rutter *et al.*,
681 1989, 1990; Fucks & Schnack, 2011; Charó *et al.*, 2014; Kokot & Favier-Dubois, 2017).

682 Rutter *et al.* (1989), typified San Antonio Bay as a macrotidal environment and
683 in 2009 the Naval Hydrography Service confirmed that the macrotidal characteristics
684 of the bay produce daily changes in sea level that range between 6 and 9 m in
685 amplitude. This difference in sea level determines that the entire surface of San
686 Antonio Bay and the adjacent coasts are flooded twice a day (Fucks, 2011). These
687 deep daily tidal changes associated with rapid currents transport disarticulated and
688 articulated shells and its fragments to the nearshore areas from the offshore San
689 Matías Gulf. These sediments, some of which may be reworked from older submerged
690 marine deposits or have an outlying origin, are mostly composed by gastropods and
691 bivalves. As a sheltered area, Punta Perdices does not suffer much influence from the
692 force of large waves, but storm events also are sufficient to drive the entry of bioclastic
693 substrate for the construction of extensive shell banks reworking sediments offshore
694 and onto shore above sea level (Rutter *et al.*, 1989).

695 The mechanism of evolution of the beach ridges is generated from the unique
696 tides and currents of the San Matías Gulf. During severe storms, shell bank
697 accumulation is susceptible to wave and current reworking, which occasionally causes
698 the transfer of broken shells and shell pieces inland. The shell banks are composite
699 structures made of shells that have been transported, some of which may have been
700 repurposed from earlier buried marine deposits. As a result, marine shells discovered
701 in sediments formed in connection with mesotidal conditions may have been deposited
702 several meters above or below the paleo-sea level or may be earlier submerged units
703 that have been reworked. But the origin of the big contribution of shells to Punta
704 Perdices that generates the continuous growth of the spit has its origin in specific points
705 of the seashore in Villarino Peninsula (Fig. 6). Along the coastline, it is possible to
706 observe the occurrence of eroded cliffs up to 3.0 m high, mainly in the region close to
707 San Antonio Este Port (Fig. 5), where these cliffs, composed of the same bioclastic
708 material as the Punta Perdices banks, show signs of erosion caused by the intense
709 and continuous crashing of waves, which causes the dissociation of the sediment.

710 The movement of currents within the bay carries this bioclastic sediment to the
711 Punta Perdices region (Fig. 6), which presents a spit increase every year – with a
712 general progradation to the north. Schenk *et al.* (2022) developed observations of the
713 geomorphological evolutionary behavior of the beaches in Villarino Peninsula and the

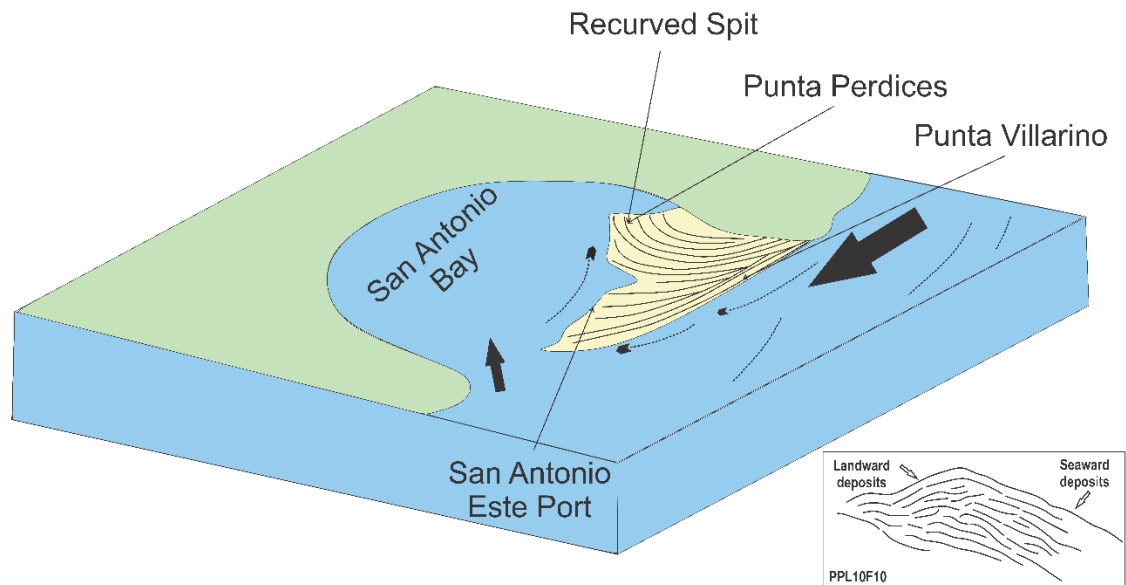
714 study showed that over the analyzed period (1986 – 2020) the accumulation of shells
715 suffered a progradation of 20.2 m, without no phase of retrogradation, while the Port
716 section experienced oscillations of progradation and retrogradation. Thus, the
717 interpretation of the origin of the shells that form the beach ridges is supported by
718 confirming that the same sedimentary substrate in retrograded regions of the peninsula
719 feed the spits and crests, and the dynamics of longshore drift that occurs clockwise on
720 the peninsula contributes to this accumulation of shells in Punta Perdices (Fig. 6).

721 After processing the GPR profiles acquired in the field at Punta Perdices, it was
722 possible to analyze features such as sand dunes (characteristics of more distal
723 locations), washover deposits and beach ridges. These layers are produced during
724 strong storms, transporting, by the hydrodynamics of the region, the sediments that
725 are allocated in the bay. Tabular bodies are characterized by parallel/subparallel
726 oblique internal geometry. The dislocations present themselves mainly as prograding
727 onlaps, built by destroying the anterior ridge. Based on the model of interpretation of
728 radarfacies in coastal environments by Figueiredo *et al.* (2021), the following patterns
729 can be observed in the profiles of Punta Perdices (Detail of fig. 6 and Table 1): Facies
730 inclined towards the sea (foreshore), indicating prograding deposits; Facies tilted to
731 the continent, indicating washover layers; Horizontal planar facies indicating beach
732 ridge deposits and washover.

733 *For fine sand to gravel, dip angles from beach ridges range from 1° and 23°*
734 *worldwide. Billy et al. (2014) reinforces that often beach-face angles tend to increase*
735 *with increasing grain size, and in this research foreshore deposits have a high-angle*
736 *seaward-dipping lamination (27.5° - average). The dip of the layers for landward are*
737 *identifiable and present with a dip-angle smaller than the layers for seaward. The*
738 *difference between landward deposits for foreshore deposits is large, the dip angle for*
739 *landward has lower incidence in all profiles and an average of 19.5°. Observing the*
740 *average distance between individual ridges, every 9 m a new beach crest.*

741 The seven sets of beach ridges identified by truncations in satellite images (Fig.
742 3) bring to light discussions on how this coastal environment is being built, and how
743 changes in seasonal patterns of atmospheric circulation impact on changes in local
744 wave energy flows. The constant change of angle of progradation of the shoreline,
745 verified by the truncation of sets, can be determined by bathymetric control at the

746 bottom of the Bay of San Antonio, through which the incident waves propagate in the
 747 Peninsula Villarino.



748

749 *Figure 6. Adapted image of Isla et. al (2022), modified for this paper. Isla et. al (2022) proposes a classification of*
 750 *beach ridge systems and the deposits of Punta Perdices are classified as "flying, bay-mouth and tombolo spits", in*
 751 *which the built of recurved spits is related to the rate of sediment supplied by the littoral transport system but also*
 752 *to the frequency of erosional/cannibalization processes. In the detail, at the bottom right, part of the profile*
 753 *PPL10F10 represents the elements of the ridges: foreshore deposits, crest and washover deposits.*

754

755 Along the open Patagonian coast and its exposure to the waves of the Atlantic
 756 Ocean, beach ridges have well sorted, coarse-clastic (granule-sized to boulder-sized)
 757 sediment layers with numerous matrix-free, frequently reverse graded gravel beds.
 758 Independent of wave-energies, they all have a large scale cross bedded interior,
 759 whereas the gravel layers dipping mostly at high angles of 10–15° seawards. This
 760 cross bedding mirrors the gradual seaward progradation of the beach line. These
 761 beach ridge systems are regressive forms deposited during stagnating sea level or,
 762 more exactly, these sediments were deposited during similar surf level of storm waves
 763 (Catuneanu, 2002).

764 Surface relief of beach ridges becomes less undulated with decreasing wave-
 765 exposure of the beach to the ocean waves (Schellmann & Radtke, 2010). In wave-
 766 protected environments, the height difference between modern storm deposits and the
 767 highest tide level is reduced to 1 m or less, flat littoral terraces are developed instead
 768 of beach ridges, and layers of sands or sandy gravels dominate instead of coarse
 769 gravel. For emerging coasts like the Patagonian Atlantic coast, significant differences
 770 in surface elevations of Holocene beach ridges or littoral terraces may be pre-

771 dominantly the result of glacio-isostatic or eustatic driven changes of sea level, but
772 they also may be the result of variable periods of coastal progradation and retreat.

773 Beach ridge systems and littoral terraces are storm deposits. Their surface
774 elevations are thus, apart from high tide level, predominantly dependent on the heights
775 and extensions of storm waves and on the wave-exposure of the coastal site. In this
776 respect, the beach ridges and littoral terraces are relatively inaccurate indicators for
777 sea-level reconstructions (Schellmann & Radtke, 2010). Punta Perdices' beach ridges
778 set can be interpreted as a coastal terrace. The surface morphology is characterized
779 as relatively flat and can be interpreted as a depositional unit generated by the same
780 average sea level. The results of the average height of beach ridges in Punta Perdices
781 (Table 1) are very similar – an average of 3.0 m – indicating that beach ridge
782 progradation probably occurred at stable sea level.

783 **5.2 Dating**

784 Due to the constant occurrence of overwash processes in the region, the most
785 likely hypothesis to explain this phenomenon would be the occurrence of one of these
786 events in the region of this collection, caused by storm events. Likewise, sample PP02
787 is similar in age to sample PP05, which may lead to the same hypothesis as the
788 phenomenon that occurred in PP03. Storm periods added to the great tidal variation in
789 the region generated overwash events, which carried the PP05 sediments above the
790 already formed ridges (PP04), depositing these younger sediments at more distal
791 points in Punta Perdices.

792 Rutter *et al.* (1989) discussed the positions and times of formation of former sea
793 levels along the coast of Argentina. Since the majority of the deposits studied in this
794 area are related to beach settings under meso and macrotidal conditions, care has
795 been given in separating foreshore and storm-beach deposits and it is important to
796 consider the environmental circumstances of this particular region. Therefore, such as
797 in Rutter *et al.* (1989), paleo-sea levels are not used as a term to describe altitudinal
798 situations. Instead, the height of the layer containing fossils in respect to the current
799 mean sea level is determined by the topographic position of the surface of the marine
800 terraces as a relative reference level.

801 Rutter *et al.* (1989) also emphasizes that dating in this case is challenging due
802 to errors in the ¹⁴C dating of marine mollusk shells and in identifying the relative position
803 of sediments deposited below the paleoshorelines. Many marine molluscan species
804 have carbonate in their shells that comes from the water mass or the substrate. In living

805 molluscs, estimates of the inaccuracies brought on by these effects range between
806 250 and 600 years. Remobilization of carbonate from the marine water mass during
807 the deposition of sediment and shells exacerbates these inaccuracies. The cumulative
808 size of the carbonate reservoir effects in the south Atlantic Ocean has been estimated
809 at 1.5 ka (Angino & Armitage, 1963). The accuracy of ^{14}C findings from circulating
810 groundwater can also significantly be impacted by post-depositional alteration.

811 When considering macrotidal habitats, as those found at San Antonio Oeste,
812 the issues raised above are exacerbated. Disarticulated shells and shell fragments
813 were carried into lagoons, tidal saltwater marshes, and occasionally onto the shore
814 above sea level by spring tidal and storm reworking of the large shell banks created
815 offshore of these coasts (during extremely powerful storms). Shells are also moved
816 from the offshore to the nearshore by deep tidal inlets with swift currents. Along
817 macrotidal shores, reworking of older, submerged shell banks is also more common.

818 The ages of the shell samples collected at the top of seven beach ridges, and
819 even without controlling the ages in depth of the deposit, revealed ages between
820 4344 ± 27 and 2852 ± 26 . In addition to the complexity of the dynamics of the bioclastic
821 sediments in the study region, largely controlled by the tides, as described above, two
822 other aspects can be analyzed, the inversions in the decreasing ages sequence, and
823 the uniform elevation of the crests (Table 1), according to Charó *et al.* (2014), Punta
824 Perdices is a series of beach crests, of low relative height. These results reinforce the
825 interpretation about the deposits that were recently built, controlled by the same sea
826 level, generating an extensive coastal terrace in Punta Perdices. Also, the different
827 source of shells deposits far from Punta Perdices, which are continually reworked by
828 the action of currents and waves, establish the age control of the different beach ridges.

829

830 **6. Conclusion**

831 Punta Perdices has a sheltered area condition within San Antonio Bay.
832 Compared with the neighbor areas in San Antonio Este, the shell crests in this region
833 have a much smaller stacking, due to the high angle of incidence and the small height
834 of the local waves generated by winds inside of the bay. The strong western winds are
835 able to generate waves with high angle on the beach, and so, intensifying the
836 longshore drift, and therefore, the supply of the bioclasts to beach ridges progradation
837 and the development of spits in the extreme north of the region.

838 In Punta Perdices, seven sets of beach ridges were identified, and the ridges
 839 have a uniformity in terms of external architecture, such as, slope of the foreshore,
 840 spacing and height of the beach ridges crests. In addition to the similarity of geometric
 841 parameters, the different beach ridges sets present crests with small angle variations
 842 of the progradation in the different beach ridge sets. The Punta Perdices deposits can
 843 be classified as a littoral terrace due to the flat surface morphology.

844 Also, these extensive bioclastic deposits represent a sedimentary environment
 845 appropriate for studies as modern hydrocarbon reservoirs analogues.

846

847 **Acknowledgments**

848 We are very grateful for the Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH), Núcleo de
 849 Estudos de Correntes de Densidade (NECOD) and Centro de Estudos de Geologia
 850 Costeira e Oceânica (CECO) from Universidade Federal do Rio Grande do Sul for the
 851 human, academic and infrastructure resources provided. In addition, we would like to
 852 thank Laboratório de Análises Estratigráficas (Universidade Federal do Rio Grande do
 853 Norte) who have provided important suggestions and dedicated fieldwork that
 854 improved the scientific quality of this paper. We are thankful to Pré-Sal Petróleo S.A.
 855 (PPSA) and the Libra Group, a consortium comprising Petrobras, Shell Brazil, Total
 856 Energies, CNODC and CNOOC Limited, in partnership with UFRGS (Project 826-
 857 IPH/PETROBRAS 5850.0105486.17.9 COQUINAS) for their financial support to the
 858 first author with special thanks to Maria José Resende Oliveira (Petrobras) and Jian
 859 Zhao (CNODC BRASIL PETRÓLEO E GÁS LTDA/LIBRA/AT).

860 **References**

861 ALIOTTA, S.; SCHNACK, E. J.; ISLA, F. I.; LIZASOAIN, G. O. **Desarrollo secuencial**
 862 **de formas de fondo en un régimen macromareal**. Latin American Journal of
 863 Sedimentology and Basin Analysis, v. 7, n. 1-2, p. 95-107, 2000. ISSN 1851-4979.

864

865 ANGINO, E. E.; ARMITAGE, K. B. A **Geochemical Study of Lakes Bonney and**
 866 **Vanda, Victoria Land, Antarctica**. The Journal of Geology, v. 71, n. 1, p. 89–95, 1963.

867 ANGULO, R., FIDALGO, F., GÓMEZ PERAL, M., SCHNACK, E. **Las ingresiones**
 868 **marinas cuaternarias en la bahía de San Antonio y sus vecindades, provincia de**
 869 **Río Negro**. In: CONGRESO GEOLÓGICO ARGENTINO, 7., 1978, Buenos Aires.
 870 Anais... Buenos Aires: [s.n.], p. 271-283.

871

872 ANTHONY, E. J. **Beach-ridge development and sediment supply: examples from**
 873 **West Africa**. Marine Geology, v. 129, p. 175-186, 1995.

874

- 875 BATES, R.L.; JACKSON, J.A. **Glossary of Geology**. 3rd Edition. Alexandria:
876 American Geological Institute, 1987. 788 p.
877
- 878 BILLY, J., POIRIER, C., BERTRAND, G., AUGEREAU, E., & DELOFFRE, J. (2014).
879 **Internal architecture of mixed sand-and-gravel beach ridges: Miquelon-Langlade**
880 **Barrier, NW Atlantic**. *Marine Geology*, 357, 53-71.
- 881
882 CARBONE, M. E.; PERILLO, G. M. E.; PICCOLO, M. C. **Dinámica morfológica de**
883 **los ambientes costeros de Bahía San Antonio Oeste, Provincia de Río Negro**.
884 *GeoActa*, v. 32, p. 83-91, 2007. ISSN 0326-7237.
- 885 CATUNEANU, O. **Sequence stratigraphy of clastic systems: concepts, merits,**
886 **and pitfalls**. *Journal of African Earth Sciences*, v. 35, n. 1, p. 1-43, 2002.
- 887 CHARÓ, M. P. **Caracterización paleoambiental y paleodiversidad malacológica**
888 **en los depósitos marinos cuaternarios del norte patagónico (sur de Buenos**
889 **Aires y norte de Río Negro)**. 2013. 301 f. Tese (Doutorado em Ciências Naturais) -
890 Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, La Plata,
891 Argentina.
- 892 CHARÓ, M. P.; GORDILLO, S.; FUCKS, E. E.; GIACONI, L. M. **Late Quaternary**
893 **mollusc from the Northern San Matías Gulf (Northern Patagonia, Argentina),**
894 **Southwestern Atlantic: Faunistic changes paleoenvironmental interpretation**.
895 *Quaternary International*, v. 352, p. 26-47, 2014.
- 896 CHINELATTO, G. F.; VIDAL, A. C.; KURODA, M. C.; BASILICI, G. **A taphofacies**
897 **model for coquina sedimentation in lakes (Lower Cretaceous, Morro do Chaves**
898 **Formation, NE Brazil)**. *Cretaceous Research*, v. 85, p. 1-19, 2018. ISSN 0195-6671.
899
- 900 CLIFTON, H. E. **Coastal Sedimentary Facies**. In: SCHWARTZ, M. L. (Ed.).
901 **Encyclopedia of Coastal Science**. Dordrecht: Springer, 2005. p. 261-269.
902 (Encyclopedia of Earth Science Series).
903
- 904 CLIFTON, H.E. **A reexamination of facies models for clastic shorelines**. In:
905 POSAMENTIER, H.W.; WALKER, R.G. (Eds.). **Facies Models Revisited: SEPM**
906 **Special Publication**, no. 84, p. 293–337, 2006.
907
- 908 FAVIER DUBOIS, C.; STERN, C.; CARDILLO, M. **Primera caracterización de los**
909 **tipos de obsidiana presentes en la costa rionegrina**. In: SALEMME, M.;
910 SANTIAGO, F.; ÁLVAREZ, M.; PIANA, E.; VÁZQUEZ, M.; MANSUR, E. (Eds.).
911 **Arqueología de la Patagonia - Una mirada desde el último confín**. Ushuaia:
912 Editorial Utopías, 2009. p. 349-359.
913
- 914 FICK, C.; TOLDO, E. E.; PUHL, E. **Shell concentration dynamics driven by wave**
915 **motion in flume experiments: Insights for coquina facies from lake-margin**
916 **settings**. *Sedimentary Geology*, v. 374, p. 98-114, 2018. ISSN 0037-0738.
917
- 918 FICK, C.; PUHL, E.; TOLDO-JR, E. E.; PEREIRA, L. M.; DE OLIVEIRA, V. C.B.; DA
919 CRUZ, F. E. G. **Study of Shelly Shore Ridge Formation using Wave Flume**

- 920 **experiments: Morphological Evolution and Depositional patterns.**
 921 **GEOMORPHOLOGY**, v. 392, n. 1, p. 1-12, 2021.
 922
- 923 **FIDALGO, F.; PORRO, N. Descripción geológica de la hoja 39j, San Antonio**
 924 **Oeste, provincia de Río Negro.** Trabajo inédito. Buenos Aires, 1981.
 925
- 926 **FIDALGO, F.; RABASSA, J. Geología y recursos naturales de la provincia de Río**
 927 **Negro. Los depósitos cuaternarios.** In: CONGRESO GEOLÓGICO ARGENTINO,
 928 9., 1984, San Carlos de Bariloche. Relatorio I. p. 291-316.
 929
- 930 **FIGUEIREDO, M. S.; BRILL, D.; FERNANDEZ, G. B.; BAPTISTA DA ROCHA, T. Late**
 931 **Holocene evolution of São Tomé cape (Rio de Janeiro, Brazil): Insights from**
 932 **geomorphological, geophysical and geochronological data.** Quaternary
 933 **International**, v. 576, p. 137-152, 2021.
 934
- 935 **FUCKS, E. E.; SCHNACK, E. Evolución geomorfológica en el sector norte del**
 936 **golfo San Matías.** In: XVIII Congreso Geológico Argentino, 2011, Neuquén. Anais
 937 eletrônicos [...]. Neuquén: Asociación Geológica Argentina, 2011. p. 1187-1192.
 938
- 939 **FUCKS, E. E.; SCHNACK, E. J.; CHARÓ, M. P. Aspectos geológicos y**
 940 **geomorfológicos del sector N del Golfo San Matías, Río Negro, Argentina.**
 941 **Revista de la Sociedad Geológica de España**, v. 25, n. 1-2, p. 95-105, 2012.
 942
- 943 **FUCKS, E. E.; SCHNACK, E. J.; SCALISE, A.; AHRENDT, K.; VAFEIDIS, N.; STERR,**
 944 **H. Procesos modeladores en los acantilados de Las Grutas, provincia de Río**
 945 **Negro.** **Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente**, v. 34, p. 57-73,
 946 2015.
 947
- 948 **GELÓS, E.; SCHILLIZZI, R.; SPAGNUOLO, J. El Mesozoico superior-Cenozoico de**
 949 **la costa occidental del Golfo San Matías.** **Revista de la Asociación Geológica**
 950 **Argentina**, v. 47, n. 4, p. 423-426, 1992.
 951
- 952 **HEIN, C. J.; FITZGERALD, D. M.; CLEARY, W. J.; ALBERNAZ, M. B.; MENEZES, J.**
 953 **T.; Klein, A.H.F. 2013. Evidence for a transgressive barrier within a regressive**
 954 **strandplain system: Implications for complex coastal response to environmental**
 955 **change.** **Sedimentology (Amsterdam. Print)**, 60(2):469-502
 956
- 957 **ISLA, M. F.; MOYANO-PAZ, D.; FITZGERALD, D. M.; SIMONTACCHI, L.; VEIGA, G.**
 958 **D. Contrasting beach-ridge systems in different types of coastal settings.** **Earth**
 959 **Surf. Process. Landforms**, p. 1-25, 2022.
 960
- 961 **JAHNERT, R.; DE PAULA, O.; COLLINS, L.; STROBACH, E.; PEVZNER, R.**
 962 **Evolution of a coquina barrier in Shark Bay, Australia by GPR imaging:**
 963 **architecture of a Holocene reservoir analog.** **Sedimentary Geology**, v. 281, p. 59-
 964 74, 2012.
 965
- 966 **JOL, H.M., SMITH, D.G., MEYERS, R.A. Digital ground penetrating radar (GPR): a**
 967 **new geophysical tool for coastal barrier research (examples from the Atlantic,**
 968 **Gulf and Pacific Coasts, U.S.A.).** **Journal of Coastal Research** 12, 960–968, 1996.
 969

- 970 KOKOT, R. R.; FAVIER-DUBOIS, C. M. **Evolução geomorfológica da baía de San**
 971 **Antonio, província de Río Negro.** Revista de la Asociación Geológica Argentina, v.
 972 74, n. 3, p. 315-325, 2017.
- 973
 974 LEATHERMAN, S. P. **Coastal geomorphological applications of ground-**
 975 **penetrating radar.** Journal of Coastal Research, v.3, p.397-399, 1987.
- 976
 977 LOGAN, B.W.; READ, J.F.; HAGAN, G.M.; HOFFMAN, P.; BROWN, R.G.; WOODS,
 978 P.J.; GEBELEIN, C.D. **Evolution and diagenesis of Quaternary carbonate**
 979 **sequences, Shark Bay, Western Australia.** AAPG Memoir, v. 22, p. 358, 1974.
- 980
 981 MARTÍNEZ, H., C. NÁÑEZ, A. LIZUAIN, C. DAL MOLIN, A. TUREL, M. DALPONTE y
 982 A. FAROUX, 2001. **Hoja Geológica 4166-II, San Antonio Oeste. Provincia de Río**
 983 **Negro.** Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero
 984 Argentino. Boletín 254, 32 p. Buenos Aires.
- 985
 986 MASON, O.K.; JORDAN, J.W. **Heightened North Pacific storminess during**
 987 **synchronous Late Holocene erosion of northwest Alaska beach ridges.**
 988 Quaternary Research, v. 40, p. 55-69, 1993.
- 989
 990 OLIVEIRA, V.C.B., PASSOS, F.V., SILVA, C.M.A., BORGHI, L. **Electrofacies**
 991 **Characterization in Lacustrine Coquinas and Hybrid Deposits from Rift Phase:**
 992 **Pre-Salt, lower Cretaceous, Campos Basin, Brazil.** Anuário do Instituto de
 993 Geociências - UFRJ, Rio de Janeiro, v. 42, n. 3, p. 178-191, 2019. ISSN 0101-9759.
- 994
 995 OTVOS, E. G. **Beach ridges - definitions and significance.** Geomorphology, v. 32,
 996 p. 83-108, 2000.
- 997
 998 PIOLA, A. R.; SCASSO, L. M. **Circulación en el Golfo San Matías.** GeoActa, v. 15,
 999 n. 1, p. 33-51, 1988.
- 1000
 1001 RIGUETI, A. L.; DAL'BÓ, P. F.; BORGHI, L.; MENDES, M. **Bioclastic Accumulation**
 1002 **in a Lake Rift Basin: The Early Cretaceous Coquinas of the Sergipe-Alagoas**
 1003 **Basin, Brazil.** Journal of Sedimentary Research, v. 90, p. 228-249, 2020.
- 1004
 1005 RITCHIE, W.; PENLAND, S. **Aeolian sand bodies of the south Louisiana coast.** In:
 1006 NORDSTROM, K.; PSUTY, N.; CARTER, R. (Eds.). Coastal Dunes. Wiley, 1990. p.
 1007 105-128.
- 1008
 1009 ROHLING, E. J., GRANT, K., HEMLEBEN, Ch., SIDDALL, M., HOOGAKKER, B. A.
 1010 A., BOLSHAW, M. & KUCERA, M. **High rates of sea-level rise during the last**
 1011 **interglacial period.** Nature Geoscience, v.1, p.38-42, 2008.
- 1012
 1013 RUTTER, N.; SCHNACK, E. J.; DEL RÍO, J.; FASANO, L.; ISLA, F. I.; RADTKE, U.
 1014 **Correlation and dating of Quaternary littoral zones along the Patagonian coast,**
 1015 **Argentina.** Quaternary Science Reviews, v. 8, p. 213-234, 1989.
- 1016
 1017 RUTTER, N., RADTKE, U., SCHNACK, E. J. **Comparison of ESR and Amino Acid**
 1018 **Data in Correlating and Dating Quaternary Shorelines along the Patagonian**
 1019 **Coast, Argentina.** Journal of Coastal Research, v. 8, p. 391-411, 1990.
- 1020

- 1021 SANDERSON, P.G.; ELIOT, I.; HEGGE, B.; MAXWELL, S. **Regional variation of**
1022 **coastal morphology in southwestern Australia: a synthesis.** *Geomorphology*, v.
1023 34, p. 73-88, 2000.
- 1024
1025 SCHEFFERS, A.; ENGEL, M.; SCHEFFERS, S.; SQUIRE, P.; KELLETAT, D. **Beach**
1026 **Ridge Systems - Archives for Holocene Coastal Events?** *Progress in Physical*
1027 *Geography*, v. 36, n. 1, p. 5-37, 2011.
- 1028
1029 SCHELLMANN, G.; RADTKE, U. **Timing and magnitude of Holocene sea-level**
1030 **changes along the middle and south Patagonian Atlantic coast derived from**
1031 **beach ridge systems, littoral terraces and valley-mouth terraces.** *Earth-Science*
1032 *Reviews*, v. 103, p. 1-30, 2010.
- 1033
1034 SCHENK, C. V.; PUHL, E.; FICK, C.; TOLDO JUNIOR, E. E.; OLIVEIRA, V. C. B.;
1035 CRUZ, F. E. G. **Spatio-temporal evolution of coastal shell accumulation in**
1036 **Villarino Peninsula, San Antonio Este, Argentina.** *Revista Brasileira de*
1037 *Geomorfologia*, v. 23, e29533, 2022.
- 1038
1039 STAPOR, F.W. **Holocene beach ridge plain development, northwest Florida.**
1040 *Zeitschrift für Geomorphologie*, ed. 22, p. 116-144, 1975.
- 1041
1042 TAMURA, T., MURAKAMI, F., NANAYAMA, F., WATANABE, K., & SAITO, Y. **Ground-**
1043 **penetrating radar profiles of Holocene raised-beach deposits in the Kujukuri**
1044 **strand plain, Pacific coast of eastern Japan.** *Marine Geology*, 248, 11–27, 2008
- 1045
1046 TAMURA, T. **Beach ridges and prograded beach deposits as palaeoenvironment**
1047 **records.** *Earth-Science Reviews*, v. 114, p. 279-297, 2012.
- 1048
1049 TANNER, W. F.; STAPOR, F. W. **Tabasco beach ridge plain: an eroding coast.**
1050 *Transactions. Gulf Coast Association of Geological Societies*, v. 21, p. 231-232, 1971
- 1051
1052 TANNER, W. F. **Origin of beach ridges and swales.** *Marine Geology*, v. 129, p. 149-
1053 161, 1995.
- 1054
1055 TAVARES, A. C.; BORGHI, L.; CORBETT, P.; NOBRE-LOPES, J.; CÂMARA, R.
1056 **Facies and depositional environments for the coquinas of the Morro do Chaves**
1057 **Formation, Sergipe-Alagoas Basin, defined by taphonomic and compositional**
1058 **criteria.** *Brazilian Journal of Geology*, v.45, n.3, p.415-429, set. 2015.
- 1059
1060 THOMPSON, T. A.; BAEDKE, S. J. **Beach-ridge development in Lake Michigan:**
1061 **shoreline behavior in response to quasi-periodic lake-level events.** *Marine*
1062 *Geology*, v. 129, p. 163-174, 1995.
- 1063
1064 THOMPSON, C. E. L., AMOS, C. L. **The impact of mobile disarticulated shells of**
1065 **Cerastoderma edulis on the abrasion of a cohesive substrate.** *Estuaries*, v.25,
1066 p.204-214, 2002.
- 1067
1068 WEILL, P.; TESSIER, B.; MOUAZÉ, D.; BONNOT-COURTOIS, C.; NORGEOT, C.
1069 **Shelly cheniers on a macrotidal flat (Mont-Saint-Michel bay, France) - internal**
1070 **architecture revealed by ground-penetrating radar.** *Sedimentary Geology*, v. 279,
1071 p. 173-186, 2012.
- 1072

1073 WEILL, P.; MOUAZÉ, D.; TESSIER, B. **Internal architecture and evolution of**
 1074 **bioclastic beach ridges in a megatidal chenier plain: Field data and wave flume**
 1075 **experiment.** *Sedimentology*, v. 60, n. 5, p. 1213-1230, 2013. ISSN 0037-0746.

1076
 1077 WICHMANN, J. **Estudios Geológicos e Hidrogeológicos en la Región**
 1078 **Comprendida Entre Boca del Río Negro, San Antonio y Choele Choel.** *Anales del*
 1079 *Ministerio de Agricultura de la Nación, Buenos Aires*, v. 13, n. 3, p. 1-43, 1918.

1080

1081 **Figure Captions**

1082

1083 Figure 4. (A) San Matías Gulf, Río Negro Province, Argentina; (B) Location map of the
 1084 study area: Villarino Peninsula; (C) Location map of Punta Perdices Beach and its
 1085 morphological details surrounding it. Detail for San Antonio Este Port, a point of
 1086 reference for studies. Basemap from ArcGIS software.

1087 Figure 5. (A) Cut of outcrop in which the planar organization of the shells is observed
 1088 in addition to the presence of some pebbles of igneous origin with dark coloration; (B)
 1089 Geophysical survey with 400MHz antenna; (C) Beach crests can also be distinguished
 1090 by the color difference and in this photo the RTK GPS survey; (D) Transversal view of
 1091 the foreshore, and one can observe the low tide and how the tidal channels behave
 1092 during the day; (E) Detail of the shells, which have light coloration, which compose the
 1093 sediment of the beach and often exceed 10 cm in length; (F) Longitudinal view of
 1094 Punta Perdices and San Antonio East Port in the end of the beach.

1095 Figure 6. Location map of the geophysical survey (ArcGIS basemap processed image).
 1096 Orange lines represents the location of GPR profiles. The yellow lines represent the
 1097 tracing of beach ridges crests, and the blue lines the demarcation of the beach ridges
 1098 sets. In the northern part of the area, the end of the biodetritic spit is observed.

1099

1100 Figure 4. Synthesis of radar facies features of the area (reflector pattern, description
 1101 and interpretation).

1102

1103 Figure 5. (A) San Antonio Este Port; (B) Shell buildup and 3 m high spit growth in Punta
 1104 Perdices due to continental drift and eroded cliffs in San Antonio Este Port.

1105

1106 Figure 6. Adapted image of Isla et. al (2022), modified for this paper. Isla et. al (2022)
 1107 proposes a classification of beach ridge systems and the deposits of Punta Perdices
 1108 are classified as "flying, bay-mouth and tombolo spits", in which the built of recurved
 1109 spits is related to the rate of sediment supplied by the littoral transport system but also
 1110 to the frequency of erosional/cannibalization processes. In the detail, at the bottom
 1111 right, part of the profile PPL10F10 represents the elements of the ridges: foreshore
 1112 deposits, crest and washover deposits.

1113

1114 Table 1. Synthesis of beach ridges features, sedimentary and topographic
 1115 characteristics of all GPR profiles in Punta Perdices.

1116

1117 Table 2. Results of analysis of 14C Dating of Punta Perdices' samples.

1118 **6. Considerações Finais**

1119 Os depósitos de *beach ridges* de Punta Perdices são construídos através das
1120 grandes mudanças diárias de maré, além da movimentação de correntes e deriva
1121 através da baía semifechada, o que contribuí para a alimentação dos depósitos de
1122 conchas bivalves e moluscos.

1123 Assim como as análises costeiras do crescimento do pontal, o trabalho concluiu o
1124 objetivo de imageamento em GPR das cristas de praia da área de estudo e, com os
1125 perfis de GPR, características como elementos de *foreshore*, cristas e depósitos de
1126 *washover* foram facilmente identificáveis na praia, além do característico alto ângulo
1127 de inclinação que as camadas a *foreshore* (paralelas a subparalelas) apresentavam.
1128 Todos esses elementos levantam as hipóteses para a gênese das *beach ridges* e a
1129 origem de seus bioclastos: a proveniência dos sedimentos vem da área de Porto San
1130 Antonio Este e também das outras áreas costeiras da Península Villarino.

1131 As análises geocronológicas de ^{14}C contribuíram para a analogia da área fonte de
1132 bioclastos, além de corroborar as verificações de elementos de *washover* causados
1133 por eventos de tempestades e macro marés. Por fim, todo esse movimento contribui
1134 para que haja uma progradação da praia para oeste, com a construção de um pontal
1135 cada vez mais abundante em sedimentos bioclásticos.

1136 Em conclusão, os objetivos do trabalho foram plenamente atingidos e enseja-se
1137 trabalhos futuros na área por se apresentar como um análogo moderno de
1138 reservatórios de hidrocarbonetos.

REFERÊNCIAS

1139

1140

1141 ALIOTTA, S.; SCHNACK, E. J.; ISLA, F. I.; LIZASOAIN, G. O. **Desarrollo secuencial**
 1142 **de formas de fondo en un régimen macromareal.** Latin American Journal of
 1143 Sedimentology and Basin Analysis, v. 7, n. 1-2, p. 95-107, 2000. ISSN 1851-4979.

1144

1145 ANGULO, R., FIDALGO, F., GÓMEZ PERAL, M., SCHNACK, E. **Las ingresiones**
 1146 **marinas cuaternarias en la bahía de San Antonio y sus vecindades, provincia de**
 1147 **Río Negro.** In: CONGRESO GEOLÓGICO ARGENTINO, 7., 1978, Buenos Aires.
 1148 Anais... Buenos Aires: [s.n.], p. 271-283.

1149

1150 CARBONE, M. E.; PERILLO, G. M. E.; PICCOLO, M. C. **Dinámica morfológica de**
 1151 **los ambientes costeros de Bahía San Antonio Oeste, Provincia de Río Negro.**
 1152 GeoActa, v. 32, p. 83-91, 2007. ISSN 0326-7237.

1153

1154 CLIFTON, H. E. **Coastal Sedimentary Facies.** In: SCHWARTZ, M. L. (Ed.).
 1155 **Encyclopedia of Coastal Science.** Dordrecht: Springer, 2005. p. 261-269.
 1156 (Encyclopedia of Earth Science Series).

1157

1158 CHARÓ, M. P. **Caracterización paleoambiental y paleodiversidad malacológica**
 1159 **en los depósitos marinos cuaternarios del norte patagónico (sur de Buenos**
 1160 **Aires y norte de Río Negro).** 2013. 301 f. Tese (Doutorado em Ciências Naturais) -
 1161 Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, La Plata,
 1162 Argentina.

1163

1164 FIDALGO, F.; PORRO, N. **Descripción geológica de la hoja 39j, San Antonio**
 1165 **Oeste, provincia de Río Negro.** Trabajo inédito. Buenos Aires, 1981.

1166

1167 FIDALGO, F.; RABASSA, J. **Geología y recursos naturales de la provincia de Río**
 1168 **Negro. Los depósitos cuaternarios.** In: CONGRESO GEOLÓGICO ARGENTINO,
 1169 9., 1984, San Carlos de Bariloche. Relatorio I. p. 291-316.

1170

1171 FUCKS, E. E.; SCHNACK, E. J.; CHARÓ, M. P. **Aspectos geológicos y**
 1172 **geomorfológicos del sector N del Golfo San Matías, Río Negro, Argentina.**
 1173 Revista de la Sociedad Geológica de España, v. 25, n. 1-2, p. 95-105, 2012.

1174

1175 GELÓS, E.; SCHILLIZZI, R.; SPAGNUOLO, J. **El Mesozoico superior-Cenozoico de**
 1176 **la costa occidental del Golfo San Matías.** Revista de la Asociación Geológica
 1177 Argentina, v. 47, n. 4, p. 423-426, 1992.

1178

1179 JAHNERT, R.; DE PAULA, O.; COLLINS, L.; STROBACH, E.; PEVZNER, R.
 1180 **Evolution of a coquina barrier in Shark Bay, Australia by GPR imaging:**
 1181 **architecture of a Holocene reservoir analog.** Sedimentary Geology, v. 281, p. 59-
 1182 74, 2012.

1183

- 1184 LOGAN, B.W.; READ, J.F.; HAGAN, G.M.; HOFFMAN, P.; BROWN, R.G.; WOODS,
1185 P.J.; GEBELEIN, C.D. **Evolution and diagenesis of Quaternary carbonate**
1186 **sequences, Shark Bay, Western Australia.** AAPG Memoir, v. 22, p. 358, 1974.
1187
- 1188 MARTÍNEZ, H., C. NÁÑEZ, A. LIZUAIN, C. DAL MOLIN, A. TUREL, M. DALPONTE y
1189 A. FAROUX, 2001. **Hoja Geológica 4166-II, San Antonio Oeste. Provincia de Río**
1190 **Negro.** Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero
1191 Argentino. Boletín 254, 32 p. Buenos Aires.
1192
- 1193 SANDERSON, P.G.; ELIOT, I.; HEGGE, B.; MAXWELL, S. **Regional variation of**
1194 **coastal morphology in southwestern Australia: a synthesis.** Geomorphology, v.
1195 34, p. 73-88, 2000.
1196
- 1197 TAMURA, T. **Beach ridges and prograded beach deposits as palaeoenvironment**
1198 **records.** Earth-Science Reviews, v. 114, p. 279-297, 2012.
1199
- 1200 WEILL, P.; MOUAZÉ, D.; TESSIER, B. **Internal architecture and evolution of**
1201 **bioclastic beach ridges in a megatidal chenier plain: Field data and wave flume**
1202 **experiment.** Sedimentology, v. 60, n. 5, p. 1213-1230, 2013. ISSN 0037-0746.
1203
- 1204 WICHMANN, J. **Estudios Geológicos e Hidrogeológicos en la Región**
1205 **Comprendida Entre Boca del Río Negro, San Antonio y Choele Choel.** Anales del
1206 Ministerio de Agricultura de la Nación, Buenos Aires, v. 13, n. 3, p. 1-43, 1918.
1207

1208 **Anexo**1209 **Anexo A: Carta de submissão do artigo ao Journal of South American Earth**
1210 **Sciences**

28/02/2023, 17:32

Gmail - SAMES-D-23-00116 - Confirming your submission to Journal of South American Earth Sciences



Paula Schffer <paulaschffer@gmail.com>

SAMES-D-23-00116 - Confirming your submission to Journal of South American Earth Sciences

Journal of South American Earth Sciences <em@editorialmanager.com>

28 de fevereiro de 2023 às 17:32

Responder a: Journal of South American Earth Sciences <support@elsevier.com>

Para: Paula Nogueira Machado Schffer <paulaschffer@gmail.com>



This is an automated message.

Architecture of Shelly Beach Ridges in a Sheltered Beach Environment in Punta Perdices Beach, San Antonio Bay, Argentina

Dear BSc. Schffer,

We have received the above referenced manuscript you submitted to Journal of South American Earth Sciences. It has been assigned the following manuscript number: SAMES-D-23-00116.

To track the status of your manuscript, please log in as an author at <https://www.editorialmanager.com/sames/>, and navigate to the "Submissions Being Processed" folder.

Thank you for submitting your work to this journal.

Kind regards,
Journal of South American Earth Sciences

More information and support

You will find information relevant for you as an author on Elsevier's Author Hub: <https://www.elsevier.com/authors>

FAQ: How can I reset a forgotten password?

https://service.elsevier.com/app/answers/detail/a_id/28452/supporthub/publishing/For further assistance, please visit our customer service site: <https://service.elsevier.com/app/home/supporthub/publishing/>

Here you can search for solutions on a range of topics, find answers to frequently asked questions, and learn more about Editorial Manager via interactive tutorials. You can also talk 24/7 to our customer support team by phone and 24/7 by live chat and email

This journal uses the Elsevier Article Transfer Service. This means that if an editor feels your manuscript is more suitable for an alternative journal, then you might be asked to consider transferring the manuscript to such a journal. The recommendation might be provided by a Journal Editor, a dedicated Scientific Managing Editor, a tool assisted recommendation, or a combination. For more details see the journal guide for authors.

#AU_SAMES#

To ensure this email reaches the intended recipient, please do not delete the above code



<https://mail.google.com/mail/u/1/?ik=2d81e605a3&view=pt&search=all&permmsgid=msg-f%3A1759108253076811808&simpl=msg-f%3A175910...> 1/2

1211

28/02/2023, 17:32

Gmail - SAMES-D-23-00116 - Confirming your submission to Journal of South American Earth Sciences

In compliance with data protection regulations, you may request that we remove your personal registration details at any time. ([Remove my information/details](#)). Please contact the publication office if you have any questions.

<https://mail.google.com/mail/u/1/?ik=2d81e605a3&view=pt&search=all&permmsgid=msg-f%3A1759108253076811808&simpl=msg-f%3A175910...> 2/2

ANEXO I	
Título da Dissertação:	
“GÊNESE E ARQUITETURA DOS DEPÓSITOS DE BIOCLASTOS NA PRAIA DE PUNTA PERDICES, BAÍA SAN ANTONIO, ARGENTINA”	
Área de Concentração: Geologia Marinha	
Autora: Paula Nogueira Machado Schffer	
Orientador: Prof. Dr. Elirio Ernestino Toldo Jr.	
Examinador: Prof. Dr. Ricardo Baitelli	
Data: 14 de março de 2023	
Conceito: B	
PARECER:	
AVALIAÇÃO FINAL	
Observações sobre a DISSERTAÇÃO	
RESUMO	
<p>Linha 14 => <i>Retirar a sigla DGPS. A sigla não é explicada e não vai fazer falta. O método e a forma de como o mapeamento foi feito será descrito no trabalho.</i></p> <p>Linha 15 => <i>Refazer a escrita: Radar de Penetração NO Solo (RPS) ou Radar de Penetração no Solo (GPR - <i>Ground Penetrating Radar</i>).</i></p>	
ABSTRACT	
<p>Linha 45 => <i>Retirar a sigla DGPS. A sigla não é explicada e não vai fazer falta. O método e a forma de como o mapeamento foi feito será descrito no trabalho.</i></p>	
LISTA DE FIGURAS	
<p>=> <i>Apresentação um pouco confusa. Sugiro elaborar na forma de tabela com uma coluna para as palavras “Figuras”, outra coluna para a descrição e, por fim, uma última para o número da página.</i></p>	
SUMÁRIO	

=> SUMÁRIO não precisa estar indicado no Sumário.

=> Elementos pré-texto como **resumo**, **abstract** e **lista de figuras** (assim como agradecimentos) não devem ser colocados no sumário => **retirar**

=> Faltou o item 3. Methods and Equipments (página 23)

=> Faltou o item 5.2 Dating (página 35)

=> Faltou o item 6. Conclusion (página 36)

=> Faltou o item References (página 37)

1. Introdução e contexto geológico simplificado

MIS => colocar **Marine Isotope Stages - MIS** na primeira ocorrência.

Linha 166 => vírgula após Porro.

Figura 1.

=> As letras **A**, **B** e **C**, presentes na legenda, indicativas das imagens, não constam nas figuras.

=> Duas figuras com coordenadas no **sistema sexagesimal** e uma no **sistema UTM**, homogeneizar este tipo de referência, preferência para o **sistema UTM**.

=> A sigla para **quilômetro** é escrita em letra minúscula => **km**

=> A zona UTM é **20G** e não 20S

=> Os itens **B** e **C** são **IMAGENS DE SATÉLITES** e não mapas.

=> Esta parte da dissertação é em português, portanto, os textos nas figuras também deveriam ser.

=> Duas figuras parecem ser imagens do Google Earth então devem ser referenciadas como tal.

Figura 2.

=> A figura 2 apresenta duas imagens, no entanto, aparentemente, faz-se referência apenas à imagem da esquerda e não descreve a imagem da direita. Deveriam constar figuras A e B.

=> Não é obrigatório, mas é interessante que as imagens fotográficas tenham sua orientação fornecida.

=> *Software ReflexW™* é uma marca de produto e têm dono, portanto deve vir acompanhado de um TM (Trademark) ou um R (Registered), dependendo do caso,

em sobrescrito. Isto é válido para qualquer outra citação de produtos eu tenham seu nome registrado.

Figura 3.

- => A escala gráfica está errada, não corresponde à figura.
- => Textos nas figuras em português: *meters, zone...*
- => Parece ser uma imagem do Google Earth, então deve se referenciada como tal.

Figura 4.

- => A escala gráfica está errada, não corresponde à figura.
- => Textos nas figuras em português: *meters, zone, legend, sampling points, line...*

Figura 5.

- => "Inland" em itálico.

Figura 6.

- => Na descrição da figura são apontados os depósitos de *washover*, crista de praia e depósitos de *foreshore...* poderiam estar "indicados" ou "circundados" na figura, enriqueceria a imagem.
- => Os textos poderiam estar em português, caso não seja possível, deixar em inglês com uma pequena descrição em português ao lado.
- => Faltou escala.
- => Faltou orientação.
- => Se é um detalhe do perfil PPL10F10, poderia ter indicado o NMM na figura.

Figuras 7, 8, 9, 10 e 11

- => Todas representam radargramas de dois perfis.
- => As figuras estão em escalas diferentes (ampliação/redução), o que torna mais difícil algum tipo de comparação entre as mesmas.
- => A escala vertical aparece (e extremamente pequena, quase impossível de ver) apenas nas figuras que representam as extremidades do perfil.
- => A escala horizontal aparece em todas as figuras mas igualmente difícil de ser lida.

- => A autora poderia ter colocado as três partes do perfil O2L4F4, uma sobre a outra, em uma só página (paisagem) assim como partes do perfil O2L1F1 e também uma imagem dos três juntos.
- => Aliado a isto, a autora poderia ter "tratado" as imagens inserindo não só escalas melhor visíveis, como a indicação da orientação do perfil e também NMM atual.

Referências.

- => Clifton, 2006 na página 6 (linha 218) => **não consta nas referências.**
- => Fucks *et al.*, 2012b na Página 3 Linha 146 e Página 22 Linha 477 => **não consta nas referências** aparentemente o erro está no "b".
- CLIFTON, H. E. Coastal Sedimentary Facies. In: SCHWARTZ, M. L. Ed.. Encyclopedia of Coastal Science. Dordrecht: Springer, 2005. p. 261-269. Encyclopedia of Earth Science Series. => **não está citado no texto**
- FUCKS, E. E.; SCHNACK, E. J.; CHARÓ, M. P. Aspectos geológicos y geomorfológicos del sector N del Golfo San Matías, Río Negro, Argentina. Revista de la Sociedad Geológica de España, v. 25, n. 1-2, p. 95-105, 2012. => **não está citado no texto**
- => Nas referências, CLIFTON, H.E. (2005) e CHARÓ, M.P. (2013) estão em ordem invertida... Charó vem antes de Clifton.

Observações gerais sobre a dissertação:

- => A autora faz um bom levantamento dos trabalhos anteriores e através de algumas figuras vetoriais e de imagens de satélite, ou mescla de ambas, consegue situar bem o leitor em sua área de estudo.
- => A autora poderia ter colocado uma figura mostrando, ao menos, alguns elementos vistos no radargramas, mesmo que empíricos ou óbvios, mas mostrar onde é a crista e sua altura, a cava, indicativos de mudança de uma *beach ridge* para outra, nmm, etc...
- => Mesma observação quanto ao GPR, uma figura simples, mostrando o funcionamento básico do método, ficaria ótima.
- => Faltou uma tabela com as coordenadas iniciais e finais de cada perfil.
- => Faltou uma tabela com os pontos de coleta das amostras para datação e suas coordenadas e, pelo menos, o nome da espécie analisada (ou mesmo, a Família já seria suficiente).

Observações sobre o ARTIGO

=> Colocar o símbolo de ® ou ™ nos nomes dos produtos utilizados.

=> Imagens do Google Earth devem ser referenciadas.

=> Imagens fotográficas também devem exibir orientação.

Abstract

=> Retirar a sigla DGPS. A sigla não é explicada e não vai fazer falta. O método e a forma de como o mapeamento foi feito será descrito no trabalho.

1. Introdução

=> A introdução do trabalho está bem organizada explicando sucintamente os *beach ridges* e onde ocorrem, segue o texto associando-os às ações climáticas, processos costeiros, aos estágios isotópicos costeiros (*Marine Isotope Stages - MIS*), às coquinas (alta produtividade bioclástica) e sua relação com depósitos de hidrocarbonetos. Descreve rapidamente a metodologia do GPR (Ground Penetrating Radar). Explica os processos de progradação e regressão envolvendo os depósitos formados. Por fim, descreve o cerne do artigo, ou seja, *investigar o porquê das altas concentrações de conchas e consequente formação de Beach Ridges*.

=> Linhas 353 e 354

“The sequences of beach ridges are frequent components in the quaternary coastal plains.”

=> **Frase não creditada ao autor** => OTVOS, E. G. Beach ridges - definitions and significance. *Geomorphology*, v. 32, p. 83-108, 2000.

Linhas 356 a 358 => The Quaternary is characterized by global climatic oscillations and consequent transgressive and regressive events in coastal areas (Rohling *et al.*, 2008; Charó *et al.*, 2014)

=> **Na verdade, metade da frase acima foi utilizada como um exemplo para sustentar um argumento proposto no artigo de Charó *et al.*, 2014, logo, desnecessária a citação de Rohling *et al.*, 2008.**

Linhas 405 e 406 => A regression is defined as the seaward migration of the shoreline. => **conceito de Catuneanu, 2002 => deve ser citado.**

Linhas 410 a 413 => “As sedimentation rates outpace the slow rates of base level rise at the shoreline, normal regressions happen in the early

and late stages of base level rise. In this instance, aggradation is accompanied by sediment bypass, the newly formed accommodation is completely eaten by sedimentation, and progradation takes place.” => **Creio que estes conceitos sejam de Catuneanu, 2002. Deve ser citado.**

2. Cenário regional

=> Este item apresenta maiores problemas na figura 1. No mais, descreve o golfo de San Matias, sua morfologia, o ambiente deposicional e a composição dos depósitos e, aliado a isto, o controle morfológico da baía, a dinâmica das marés e das ondas, o regime de ventos. Por fim, faz alusão aos MIS e ainda mostra a separação dos depósitos em duas formações incluindo sua composição.

Figura 1.

- => As letras **A**, **B** e **C** indicativas das imagens não constam nas figuras.
- => Duas figuras com coordenadas no sistema sexagesimal e uma no sistema UTM, homogeneizar este tipo de referência, preferência para o sistema UTM.
- => A sigla para **quilômetro** é escrita em letra minúscula (*mesmo na língua inglesa*) => **km**
- => A zona UTM é **20G** e não 20S
- => Os itens **B** e **C** são IMAGENS DE SATÉLITES e não mapas.
- => Duas figuras parecem ser imagens do Google Earth então devem ser referenciadas como tal.

3. Métodos e equipamentos

- => A autora descreve rapidamente o material e o método utilizado na elaboração do trabalho de campo e escritório.
- => Atenção aos símbolos de marca comercial em ArcGis, ReflexW, etc...

3.1. Radar de Penetração no Solo - GPR

=> Linhas 534 a 538 => “The GPR have been used to reconstruct past depositional environments and the nature of sedimentary processes in a variety of environmental settings and mostly to assist in hydrocarbon reservoir analogue studies. Using a correctly processed radar profiles and at the resolution of a survey, primary reflections usually parallel primary depositional structure.”

=> **Ambos parágrafos se encontram em:** Switzer, A.D., Bristow, C.S and Jones, B.G.. 2006. Investigation of large-scale washover of a small barrier system on the southeast Australian coast using ground penetrating radar. *Sedimentary Geology* 183(1):145-156 DOI: 10.1016/j.sedgeo.2005.09.015. **Devem ser citados. Não consta nas referências.**

=> Na **Figura 2**, excetuando-se a imagem **E**, onde supõe-se que a seta esteja indicando o Norte (magnético ou geográfico), as demais imagens poderiam também estar orientadas.

3.2. Datação por radiocarbono

=> Parágrafo com muita informação desnecessária. Não é relevante ao corpo do texto. Não é o propósito direto deste trabalho. Citar apenas o nome do laboratório (*website* ?) na base da tabela de dados ou como apêndice (anexo).

4. Resultados

=> Relativo aos parágrafos 1 e 2, a autora poderia ter referenciado ao quê ela se referiu de conjuntos A e B, no primeiro parágrafo da seguinte forma **Malha Regular (conjunto A) e Malha densa (conjunto B)**

=> **Figura 3** => a zona UTM está errada => o correto é 20G

=> Sobre a **Figura 4** as imagens das fácies de radar e a interpretação não parecem estar posicionadas exatamente uma em relação à outra. Uma escala horizontal e vertical ao lado das figuras ajudaria sua interpretação, já que as quatro estão em escalas diferentes.

=> **Figura 5A** falta orientação e **Figura 5B** faltam orientação e escala para salientar melhor a altura da falésia.

=> **Tabela 1** => A coluna do tamanho do perfil está com uma casa decimal, todos os demais dados com duas casas decimais, homogeneizar.

=> Linhas 619 a 622 => Many variables, including as the rate of bioturbation, the frequency of overwash, the thickness of the units, and the magnitude and **pace** of sea level change, affect the preservation potential of individual storm units and the washover facies.

=> **Este parágrafo, foi escrito por** => P.E. Sedgwick, R.A. Davis Jr. / *Marine Geology* 200 (2003) / *Stratigraphy of washover deposits in Florida: implications for recognition in the stratigraphic record.* **Não está citado no texto e nas referências.**

=> Linha 621 => trocar a palavra **pace** por **rate**.

=> **Citação errada.** Na página 31, linhas 647 a 649, a autora escreve que "*Mason and Jordan (1993) stated that ridges of coarse material (pebbles, cobbles, boulders) are usually steeper than those consisting of sand...*" **na verdade esta frase é de autoria de Anja Scheffers e outros, da Universidade da Austrália, cujo artigo foi publicado em 2011 em Progress in Physical Geography 36(1) 5-37. Esta frase encontra-se na página 22, item III, primeiro parágrafo do artigo.**

=> Linhas 656 a 659 => "The results are given in years before 1950 (radiocarbon age BP). The uncertainty in the age determination is given +/- one standard deviation. All radiocarbon ages are corrected for isotopic fractionation using the measured ¹³C/¹²C-ratio."

=> **Ambas as frases acima se encontram em** => Karymbalis et al., 2022. Late Holocene palaeogeographic evolution of the Lihoura coastal plain, Pteleos Gulf, Central Greece. Quaternary International 638-639 (2022) 70-83. **Não está citado no texto e nas referências.**

=> **Tabela 2** => faltam as coordenadas dos pontos de coleta e, se possível, o nome da espécie analisada, na pior das hipóteses, o nome da família.

=> Embora os depósitos de litoral de Punta Perdices situem-se dentro de uma zona de intramarés sujeita à lavagem e retro lavagem pelas ondas, a altura da onda sobre a costa (*swash* de maré) e crista da berma normalmente se equivalem isto parece notório quando desenhamos "caixas" aproximadamente "envolvendo" as cristas em 3 metros de altura (figura anexa).

=> No último parágrafo, a autora escreve sobre a datação questionando o resultado da PP03 uma vez que ela se mostra mais jovem, que a crista posterior. Neste caso, sugere-se executar coletas/datações lateralmente (seguindo a mesma crista) para confirmar ou não a continuidade das idades no espectro horizontal.

5. Discussão

5.1. Arquitetura e evolução da beach ridge

=> Linha 755 a 762

"Along the open Patagonian coast and its exposure to the waves of the Atlantic Ocean, beach ridges have well sorted, coarse-clastic (granule-sized to boulder-sized) sediment layers with numerous matrix-free, frequently reverse graded gravel beds. Independent of wave-energies, they all have a large scale cross bedded interior, whereas the gravel layers dipping mostly at high angles of 10-15° seawards. This cross bedding mirrors the gradual seaward progradation of the beach line. These beach ridge systems are regressive forms deposited during

stagnating sea level or, more exactly, these sediments were deposited during similar surf level of storm waves (~~Gatuneanu, 2002~~)."

Citação errada: *o parágrafo acima foi escrito por:* "SCHELLMANN, G.; RADTKE, U. Timing and magnitude of Holocene sea-level changes along the middle and south Patagonian Atlantic coast derived from beach ridge systems, littoral terraces and valley-mouth terraces. Earth-Science Reviews, v. 103, p. 1-30, 2010."

=> Neste caso, como a autora quer citar este texto *ipsis litteris*, o texto deve ser destacado com aspas ou alteração de fonte ou largura do parágrafo.

=> Linhas 763 e 764

"Surface relief of beach ridges becomes less undulated with decreasing wave exposure of the beach to the ocean waves (~~Schellmann & Radtke, 2010~~)."

Citação errada: O correto é Schellmann and Radtke, 2003 e 2007a citados em Schellmann and Radtke, 2010. A autora também optou por cópia exata do texto.

Schellmann, G., Radtke, U., **2003**. Coastal terraces and Holocene sea-level changes along the Patagonian Atlantic coast. Journal of Coastal Research 19, 983-996.

Schellmann, G., Radtke, U., **2007a**. Neue Befunde zur Verbreitung und chronostrati-graphischen Gliederung holozäner Küstenterrassen an der mittel- und südpata-gonischen Atlantikküste (Argentinien)— Zeugnisse holozäner Meeresspiegelver-änderungen. Bamberger Geographische Schriften 22, 1-91 (Bamberg).

=> Ambos não constam na bibliografia do artigo.

=> Linhas 764 a 768

"In wave protected environments, the height difference between modern storm deposits and the highest tide level is reduced to 1 m or less, flat littoral terraces are developed instead of beach ridges, and layers of sands or sandy gravels dominate instead of coarse gravel." => **Frase de Schellmann & Radtke, 2010 não citados no texto do artigo.**

=> Linhas 764 a 771

"In wave protected environments, the height difference between modern storm deposits and the highest tide level is reduced to 1 m or less, flat littoral terraces are developed instead of beach ridges, and layers of sands or sandy gravels dominate

instead of coarse gravel. For emerging coasts like the Patagonian Atlantic coast, significant differences in surface elevations of Holocene beach ridges or littoral terraces may be predominantly the result of glacio-isostatic or eustatic driven changes of sea level, but they also may be the result of variable periods of coastal progradation and retreat.”

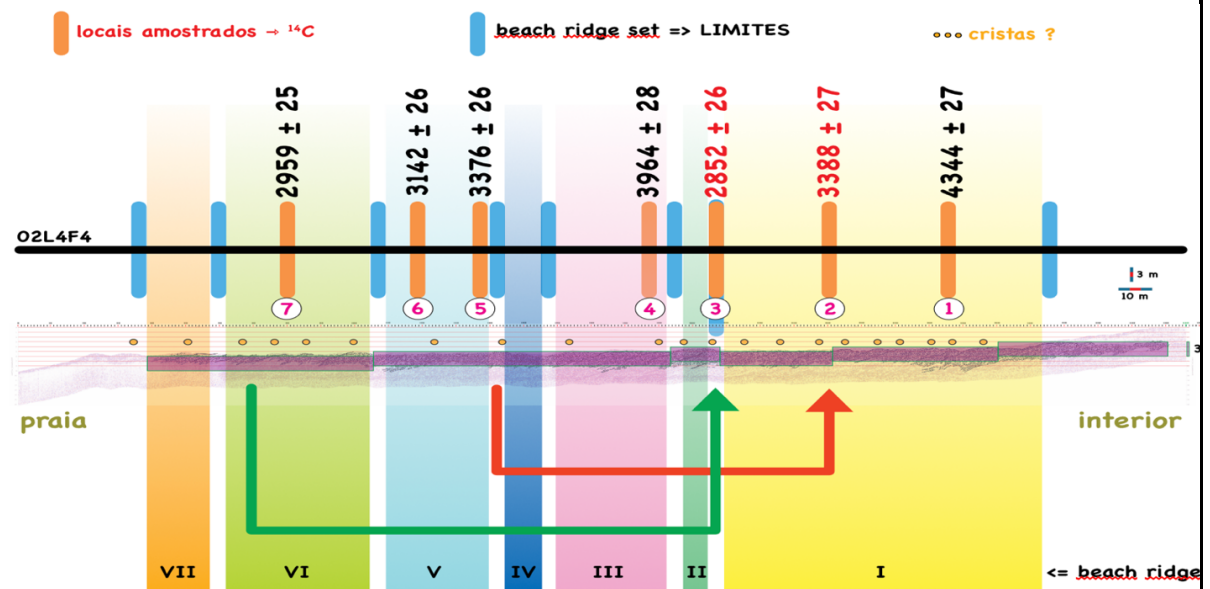
=> **Parágrafo de Schellmann & Radtke, 2010 não citados no texto do artigo. A autora também optou por cópia exata do texto, deve então ser citado como tal.**

=> Linhas 772 a 776

“Beach ridge systems and littoral terraces are storm deposits. Their surface elevations are thus, apart from high tide level, predominantly dependent on the heights and extensions of storm waves and on the wave-exposure of the coastal site. In this respect, the beach ridges and littoral terraces are relatively inaccurate indicators for sea-level reconstructions (Schellmann & Radtke, 2010).”

A autora optou novamente por cópia exata do texto, citou os autores apenas na última frase restando mais duas frases anteriores, dos mesmos autores, não citadas. Se a autora quiser manter as três frases como está no texto, deverá mudar o modo de citação.

5.2 Datação



A mobilização das amostras 2 e 3 pode estar ligada a duas possíveis condições:

[1] Mudança do material removido da área fonte durante a formação do primeiro set de *beach ridges*.

[2] Deposição e posterior remobilização do material. Neste caso, o primeiro evento ocorreu ao redor de 3388 anos movendo as amostras do set IV para o set I e, há 2852 anos ocorreu um segundo evento que moveu as amostras do set VI para o início do set I. A julgar pela distância de remobilização do material, o segundo evento foi mais efetivo e mais duradouro, o que coincide com o início da formação do set II e uma maior altura da crista em relação ao set I.

REFERÊNCIAS ARTIGO

=> Fucks, 2011 na página 32 (linha 686) => *não consta nas referências.*

=> Tonini *et al.*, 2007 na página 22 (linha 466) => *não consta nas referências.*

=> FUCKS, E. E.; SCHNACK, E. J.; SCALISE, A.; AHRENDT, K.; VAFEIDIS, N.; STERR, H. Procesos modeladores em los acantilados de Las Grutas, 11rovíncia de Río Negro. Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente, v. 34, p. 57-73, 2015. => *não consta no artigo.*

Avaliação Final

=> A proposta do trabalho é boa e os objetivos foram alcançados, no entanto, o texto da dissertação poderia ser mais ilustrado sobre o produto que são as *Beach Ridges* em radargramas e o método do GPR em si.


=> A autora poderia ter realizado um desenho esquemático do perfil O2L4F4 mostrando as alturas das cristas e linhas horizontais mostrando o nível médio de água mais alto (MHHW) e o mais baixo (MLLW) além, é claro, do nível médio do mar (MSL) acrescido ainda das idades obtidas por radiocarbono.

=> Na conclusão, mencionar a possível concordância com a curva do nível do mar definida para a região e ainda a sugestão de realizar datação de um grande volume de material com o intuito de verificar o aparecimento de grupos de idades que possam vir a permitir estimar o momento da deposição do material.

=> Quanto as imagens, um cuidado maior com as coordenadas em um mesmo sistema ficaria melhor e, o que considero mais grave, o erro da zona UTM. Algumas imagens foram obtidas a partir do Google Earth, contudo não foram citadas como tal e tampouco a data e orientação no momento da obtenção. Outro problema é a definição de uma imagem como mapa, tanto na dissertação quanto no artigo submetido, são imagens de satélite "tratadas" e não mapas.

=> Muitos textos não foram citados ou foram citados de forma incorreta e devem ser revistos.


=> Aparentemente entre as cristas distais e as proximais existe um desnível considerável e perfeitamente visível ao observarmos o perfil 02L4F4 como um todo. A autora poderia ter explorado esta característica aliada aos *sets de beach ridges* associados. A autora na página 10, primeiro parágrafo, em função da homogeneidade (?) das cristas, afirma que todas as cristas foram formadas na mesma posição do nível do mar, novamente, o desnível existente entre as cristas mais distais e mais proximais pode chegar a 2 metros, talvez em função do tipo de material acumulado.

Assinatura: 

Data: 10 de maio de 2023

Ciente do Orientador:

Ciente do Aluno:

ANEXO I	
Título da Dissertação:	
“GÊNESE E ARQUITETURA DOS DEPÓSITOS DE BIOCLASTOS NA PRAIA DE PUNTA PERDICES, BAÍA SAN ANTONIO, ARGENTINA”	
Área de Concentração: Geologia Marinha	
Autora: Paula Nogueira Machado Schffer	
Orientador: Prof. Dr. Elirio Ernestino Toldo Jr.	
Examinador: Prof. Dr. Fernando Erthal	
Data: 05/06/2023	
Conceito: A	
PARECER:	
<p>O texto está muito bem redigido, tanto em termos gramaticais, quanto no aspecto conceitual do tema abordado pela autora na dissertação. As hipóteses de trabalho, bem como os objetivos, estão bem formulados e delimitados, considerando o escopo de um mestrado, o que demonstra domínio do assunto pela autora. Embora a descrição da metodologia utilize terminologia acessível apenas para especialistas, os materiais e métodos estão bem descritos.</p> <p>O manuscrito apresenta redação bastante adequada, com bom aprofundamento dos aspectos pouco compreendidos na literatura sobre o assunto. A questão da arquitetura interna de coquinas está bem caracterizada, e a autora faz referência aos principais trabalhos já realizados sobre o tema. Alguns detalhes precisam ser corrigidos, como a correta nomenclatura de espécies biológicas, alguns segmentos com o texto em itálico sem motivo e algumas colocações que, em inglês, ficaram coloquiais. Talvez uma revisão mais técnica/gramatical seja necessária.</p> <p>As figuras da dissertação, especialmente aquelas do manuscrito, são importantes e de boa qualidade. Exceto pela Tabela 2, manuscrito não deixa muito claro quantas amostras por perfil foram utilizadas para datação. Talvez a Figura 4 (do texto integrador) pudesse ser incluída no manuscrito. Além disso, a idade 14C de apenas uma concha por ponto (~amostra) não permite obtenção segura da idade do depósito, como a autora examina na discussão.</p> <p>As conclusões colocam de forma bem sintética os dados apresentados no manuscrito. Como a discussão aprofunda bastante o exame dos dados obtidos, ficou parecendo que a conclusão foi redigida de forma algo apressada. Talvez os revisores do manuscrito na revista também apontem isso.</p>	
Assinatura:	Data: 05/06/2023
 <small>Prof. Dr. Fernando Erthal Dep. de Paleontologia e Estratigrafia IGEO/UFRGS</small>	

Ciente do Orientador:

Ciente do Aluno:

ANEXO I
Título da Dissertação:
“GÊNESE E ARQUITETURA DOS DEPÓSITOS DE BIOCLASTOS NA PRAIA DE PUNTA PERDICES, BAÍA SAN ANTONIO, ARGENTINA”
Área de Concentração: Geologia Marinha
Autora: Paula Nogueira Machado Schffer
Orientador: Prof. Dr. Elirio Ernestino Toldo Jr.
Examinador: Prof. Dr. Norberto Olmiro Horn Filho
Data: 31/3/2023
Conceito: EXCELENTE
PARECER:
<p>O referido parecer diz respeito à dissertação de mestrado de Paula Nogueira Machado Schffer, intitulada: “Gênese e arquitetura dos depósitos de bioclastos na praia de <i>Punta Perdices</i>, baía <i>San Antonio</i>, Argentina”, no âmbito do Programa de Pós-graduação em Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, sob orientação do Prof. Dr. Elírio Ernestino Toldo Jr.</p> <p>A mestranda optou pela modalidade/formato “artigo científico”, estruturado em uma introdução compreendendo as considerações iniciais e objetivo, contexto geológico simplificado, uma breve descrição do estado da arte do método utilizado, considerações finais e as referências utilizadas, complementado pelo artigo submetido ao <i>Journal of South American Earth Sciences</i> intitulado “Architecture of shelly beach ridges in a sheltered beach environment in punta Perdices beach, San Antonio bay, Argentina” que apresenta os resultados e conclusões da pesquisa.</p> <p>Por sinal, o manuscrito foi encaminhado ao referido periódico em 28/02/2023 conforme carta de submissão que aparece na página 46 do documento. O periódico é classificado como A2 na Plataforma Sucupira da CAPES.</p> <p>A dissertação representa uma destacada contribuição à linha de pesquisa em Geologia Marinha do Programa de Pós-graduação em Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, cujo objetivo, plenamente alcançado, foi desenvolver modelos de arquitetura deposicional das coquinas da península <i>Villarino</i>, através de mapeamento do terreno (DGPS) e aquisição de linhas por radar de penetração do solo (GPR), além de compreender a dinâmica sedimentar holocênica-moderna desta região.</p> <p>É notável o esforço da mestranda no tocante ao trabalho de campo da dissertação, primeiramente, pela localização geográfica distante da sede da instituição Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Porto Alegre - RS, Brasil) e principalmente, pela execução de 23 linhas de GPR em 18 conjuntos de cristas de</p>

praia holocênicas) com largura média de 100m, que se estendem por mais de 1km. Há de se frisar que o caminhamento realizado durante o trabalho de campo teve como substrato um depósito de baía praiar de granulometria cascalhosa bioclástica, fato que deve ter dificultado o deslocamento durante o campo, imprescindível para as conclusões da dissertação. Ademais foram coletadas sete amostras de sedimentos superficiais no depósito de baía praiar para análises sedimentológicas, paleobiológicas e geocronológicas.

O artigo científico que representa o cerne da dissertação tem 26 páginas com a participação de nove autores, entre esses, a própria mestrande e seu orientador. Um total de quatro instituições estiveram engajadas no artigo, três brasileiras (Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Universidade Federal do Rio Grande do Norte e Universidade Federal Rural da Amazônia) e uma estrangeira (*Universidad Nacional del Sur*, da Argentina). A Universidade de São Paulo, apesar de relacionada no rol de instituições, não aparece vinculada a nenhum autor do artigo.

A parceria entre as instituições envolvidas aparece evidente nos agradecimentos do artigo científico, com a participação do Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Núcleo de Estudos de Correntes de Densidade e Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Laboratório de Análises Estratigráficas da Universidade Federal do Rio Grande do e Pré-Sal Petróleo S.A. Libra Group.

Uma vez que o artigo científico foi recentemente submetido ao periódico *Journal of South American Earth Sciences*, não cabe a esse parecerista, analisar os aspectos de formatação, linguagem e representação gráfica, apesar de que as seis figuras e duas tabelas aparecem bem delineadas e ajustadas ao texto. O mesmo vale para as 55 referências bibliográficas citadas no texto e relacionadas nas *References*. As publicações básicas de fundamentação teórica ao tema “beach ridges” estão contempladas na dissertação e artigo, tais como Stapor (1975), Tanner (1995), Otvos (2000), Clifton (2005 e 2006), Scheffers *et al.* (2011) e Tamura (2012).

Em suma, os objetivos do trabalho foram alcançados a partir da análise das cristas de praia da *punta Perdices*, do ponto de vista geoespacial, da geofísica costeira e da geocronologia absoluta, relacionados aos agentes oceanográficos e geológicos da área em questão. Não aparece nos resultados e discussão, os dados obtidos da análise sedimentológica das sete amostras superficiais de sedimentos do depósito de baía praiar de *punta Perdices*, envolvendo principalmente, a granulometria do depósito.

Em base às questões levantadas acima, sou de parecer favorável à aprovação da dissertação de mestrado da acadêmica Paula Nogueira Machado Schffer, conferindo para tal, o conceito EXCELENTE.

Assinatura:

Data: 31/3/2023

Ciente do Orientador:

Ciente do Aluno: