

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA  
DOUTORADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

**LURDES ZANCHETTA DA ROSA**

***xButyagrus nabonnandii* (PROSCH.) VORSTE, (ARECACEAE): PALMEIRA RARA,  
ESTÉRIL E DE MORFOLOGIA VARIÁVEL?**

**São Gabriel  
2023**

**LURDES ZANCHETTA DA ROSA**

***xButyagrus nabonnandii* (PROSCH.) VORSTE, (ARECACEAE): PALMEIRA RARA,  
ESTÉRIL E DE MORFOLOGIA VARIÁVEL?**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Doutor em Ciências Biológicas.

Orientador: Velci Queiróz de Souza

**São Gabriel  
2023**

d795x da Rosa, Lurdes Zanchetta da Rosa

<sup>x</sup>*Butyagrus nabonnandii* (PROSCH.) VORSTE, (ARECACEAE):PALMEIRA RARA,  
ESTÉRIL E DE MORFOLOGIA VARIÁVEL? / Lurdes Zanchetta da Rosa da Rosa.  
122 p.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Pampa, DOUTORADO EM CIÊNCIAS  
BIOLÓGICAS, 2023.

"Orientação: Velci Queiróz de Souza".

1. Tese de Doutorado. 2. Arecaceae. 3. <sup>x</sup>*Butyagrus nabonnandii* (PROSCH.) VORSTE.

**LURDES ZANCHETTA DA ROSA**

***X*Butyagrus nabonnandii (PROSCH.) VORSTE, (ARECACEAE): PALMEIRA RARA,  
ESTÉRIL E DE MORFOLOGIA VARIÁVEL?**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Doutor em Ciências Biológicas.

Área de concentração: Ciências Biológicas

Dissertação defendida e aprovada em: 29 de junho de 2023.  
Banca examinadora:

---

Prof. Dr. Velci Queiróz de Souza  
Orientador  
UNIPAMPA

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Sofia Aumond Kuhn  
UFRGS

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Cristina Moll Hüther  
UFF

---

Prof. Dr. Antonio Batista Pereira  
UNIPAMPA



Assinado eletronicamente por **Sofia Aumond Kuhn, Usuário Externo**, em 29/06/2023, às 11:44, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **ANTONIO BATISTA PEREIRA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 29/06/2023, às 11:44, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **Cristina Moll Huther, Usuário Externo**, em 29/06/2023, às 11:45, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **VELCI QUEIROZ DE SOUZA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 29/06/2023, às 11:47, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **1166305** e o código CRC **57977803**.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, e aos meus queridos e queridas amigo(a)s, Kelen Pureza Soares, Ana Paula Vestena Cassol, Patrícia de Oliveira Neves, Bruna Lúcia Laindorf, Mauricio Ricardo de Melo Cogo e Jeferson Alberto Silva da Silva, Dona Belinha e ao Sr. Ronan, que surgiram antes e ao longo dessa caminhada, cuja ajuda foi imprescindível na realização desse trabalho.

A minha família pelo apoio que sempre recebi em todos os momentos, especialmente ao meu esposo Luiz pelo companheirismo, ao meu filho Ricardo pela perspicaz e aconselhando na condução da pesquisa, e a minha filha Luiza, que acreditou na possibilidade de realizar esse sonho. Ao meu neto Pedro, que, com quatro anos, aprendeu a quebrar coquinhos e apreciar as sementes.

Ao Prof. Dr. Velci Queiroz de Souza, meu orientador, por acreditar em mim e acenar que era possível realizar essa etapa profissional. Minha eterna gratidão!

Ao meu amigo querido e ex aluno, Prof. Dr. Carlos Gabriel Moreira de Almeida, fundamental em meu doutorado, com apoio e parceria na construção dos artigos. Sempre serei grata!

Ao Prof. Dr. Bruno Francisco Sant'Anna-Santos, da Universidade Federal do Paraná, que transformou minha pesquisa em um artigo valioso à Botânica. Reconhecimento de sua capacidade intelectual. Obrigada, sempre, sempre!

Ao Prof. Dr. Antônio Batista Pereira que sinalizou a possibilidade do ingresso ao Doutorado na UNIPAMPA, e, pela continuidade nos ensinamentos e revisões dos artigos. Muito obrigada!

A minha amiga querida e ex aluna Profa. Dra. Cristina Moll Hüther, ao incentivo e apoio técnico na revisão e submissão dos artigos. Muito obrigada!

A Profa. Dra. Sofia Aumond Kuhn, do departamento de Botânica da UFRGS, pelo acolhimento e ensinamentos na elaboração das práticas e artigos.

Ao funcionário legendário, Ari Delmo Nilson e a Dra. Priscila Porto Alegre Ferreira, do Jardim Botânico de Porto Alegre, pelo apoio nas coletas de saída a campo e disponibilidade de ajudar nos estudos das palmeiras.

A coordenação e professores do PPG-CB da UNIPAMPA e ao Instituto Federal Farroupilha, pela disponibilidade da infraestrutura na realização das práticas, reuniões e elaboração dos artigos.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES).

“Plantada na terra por suas raízes, plantada nos astros por seus ramos, a árvore é o caminho entre nós e as estrelas”.

*Antoine de Saint-Exupéry*

## RESUMO

<sup>x</sup>*Butyagrus nabonnandi* (Prosch.) Vorste, *Butia odorata* (Barb.Rodr.) Noblicke *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassm, pertencem a Arecaceae e são nativas do Rio Grande do Sul (RS), Brasil. Essas palmeiras têm importância econômica, cultural, paisagística e ambiental nas regiões de ocorrência. Pelas ações antropogênicas há redução das áreas naturais e conseqüentemente redução de suas populações naturais. Neste sentido torna-se importante o conhecimento das características morfológicas e reprodutivas dos espécimes, principalmente do híbrido produzido do cruzamento natural entre o *B. odorata* e o *S. romanzoffiana*, no sentido de promover conhecimento em ações que resultem em germinação, propagação e preservação do *B. nabonnandii*. Nossos resultados demonstraram que o híbrido é fértil e não raro, uma vez que suas sementes germinaram, diferentemente dos descritos na literatura que o consideram como palmeira-mula, por ser infértil. Quanto a sua raridade, também descrita na literatura, foi refutada pelos dados coletados em nosso trabalho, uma vez que foram identificados indivíduos em diferentes municípios do RS. Os frutos dessas palmeiras são muito apreciados pela fauna e, especificamente, o suco do *B. odorata*, é muito utilizado na gastronomia regional, assim como as folhas servem de matéria-prima para diversos produtos de artesanato. O objetivo geral deste trabalho foi determinar a morfometria vegetativa e reprodutiva comparativa entre os híbridos e seus progenitores de ocorrência natural situados em quatro municípios, (RS), Cachoeira do Sul, Porto Alegre, Manoel Viana e Venâncio Aires. Os resultados são apresentados em quatro capítulos: No capítulo I foi realizada uma revisão bibliográfica das Arecaceae, seus atributos, distribuição, importância e estado de conservação, enfatizando os espécimes acima citados. No capítulo II foram realizadas análises de correlações entre características morfológicas e reprodutivas de quatro populações de *B. nabonnandii*, abordando a diversidade morfológica existente entre as populações e os processos de produção e germinação de sementes. No capítulo III foi realizado estudo de morfometria qualitativa e quantitativa comparativa entre o híbrido e os progenitores, no sentido de estabelecer as similaridades entre os três espécimes, bem como identificar as características próprias do híbrido, no sentido de o identificar em atividades a campo. Dentre as variáveis analisadas, as que mais contribuem para separar o híbrido dos progenitores foram as variáveis da textura do estipe com bases das bainhas remanescentes presas espaçadamente ao longo do estipe, mesocarpo levemente mucilaginoso, presença de uma semente no endocarpo, seguida da análise da posição simétrica a assimétrica dos poros no pirênio. No capítulo IV foi realizada a hibridação artificial entre grãos de pólen de *S. romanzoffiana* e óvulos de *B. odorata* com objetivo de produzir novos indivíduos de *B.*



*nabonnandii*. A realização desta atividade experimental ocorreu em uma área rural, demarcada por cercamento e houve a produção, no mês de março de 2022, de 50 (cinquenta) frutos maduros. Destes, 40 pirênios foram semeados e 10 pirênios foram seccionados para extração das sementes para germinação.

**Palavras-chave:** cruzamento artificial; dados morfométricos; gênero *Butia*; gênero *Syagrus*; híbrido.

## ABSTRACT

<sup>x</sup>*Butyagrus nabonnandii* (Prosch.) Vorste, *Butiaodorata* (Barb.Rodr.) Noblick and *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassm, belong to Arecaceae and are native to Rio Grande do Sul (RS), Brazil. These palm trees have economic, cultural, landscape and environmental importance in the regions of occurrence. Due to anthropogenic actions, there is a reduction in natural areas and, consequently, a reduction in their natural populations. In this sense, it becomes important to know the morphological and reproductive characteristics of the specimens, especially the hybrid produced from the natural crossing between *B. odorata* and *S. romanzoffiana*, in order to promote knowledge that results in actions that result in germination, propagation and preservation of <sup>x</sup>*B. nabonnandii*. Our results demonstrated that the hybrid is fertile and not rare, since its seeds germinated, unlike those described in the literature that consider it as a palm-mule, as it is infertile. As for its rarity, also described in the literature, it was refuted by the data collected in our work, since individuals were identified in different municipalities of RS. The fruits of these palm trees are much appreciated by the fauna and, specifically, the *Butia* juice, which is widely used in regional gastronomy, as well as the leaves serve as raw material for various handicraft products. The general objective of this work was to determine the comparative vegetative and reproductive morphometry between hybrids and their naturally occurring parents located in four municipalities, (RS), Cachoeira do Sul, Porto Alegre, Manoel Viana and Venâncio Aires. The results are presented in three chapters: In Chapter I, a bibliographic review of the Arecaceae was carried out, their attributes, distribution, importance and state of conservation, emphasizing the specimens mentioned above. In chapter II, analyzes of correlations between morphological and reproductive characteristics of four populations of <sup>x</sup>*B. nabonnandii* were carried out, approaching the morphological diversity existing between populations and the processes of production and seed germination. In chapter III, a comparative qualitative and quantitative morphometry study was carried out between the hybrid and the parents, in order to establish the similarities between the three specimens, as well as to identify the characteristics of the hybrid, in order to identify it in field activities. Among the variables analyzed, those that most contributed to separating the hybrid from the parents were the variables stem texture with bases of the remaining sheaths spaced incrustated along the stem, slightly mucilaginous mesocarp, presence of a seed in the endocarp, followed by the analysis of the symmetrical position the asymmetry of pores in pyrene. In chapter IV, artificial

hybridization was performed between pollen grains of *S. romanzoffiana* and ovules of *B. odorata* with the aim of artificially producing new individuals of <sup>x</sup> *B. nabonnandii*.

**Keywords:** artificial crossing; morphometric data; genus *Butia*; genus *Syagrus*; hybrid.

## LISTA DE FIGURAS

### ARTIGO 1

- Figura 1.** Mapa de distribuição natural das palmeiras observadas nos municípios de ocorrência ..... 35
- Figura 2.** *S. romanzoffiana* – **A.** Hábito; **B.** Ráquila com grãos de pólen. *B. odorata*; **C.** Hábito; **D.** Inflorescência; **E.** Hibridização manual; **F.** Frutos da hibridização. .... 42

### ARTIGO 2

- Figure 1. Geographical distribution of *×B. nabonnandii* (Prosch.) Vorster in Brazil.**  
The green dots indicate the collection sites. **a-d.** Municipalities sampled. **a.** Venâncio Aires; **b.** Cachoeira do Sul; **c.** Porto Alegre; **d.** Manoel Viana. The red dot indicates the specimen under cultivation in São Vicente do Sul municipality (data retrieved from Soares et al. (2014a). ..... 62
- Figure 2. Aspects of the vegetative morphology of *×Butyagrus nabonnandii* (Prosch.) Vorster.****a-b.** Hybrid (white arrow) cohabiting with one of the parents, *B. odorata* (black arrow); **c.** An individual in the city of Porto Alegre; **d.** An individual in the municipality of Cachoeira do Sul; **e.** Remnants of the semi-persistent sheaths; **f.** Pinnae irregularly (slightly) inserted into the leaf rachis; **g.** Detail of the leaf sheath with soft fibers; **h.** Pseudopetiole with dentate margins; **i.** Pinnae inserted in a group in the proximal portion of the leaf rachis; **j.** Ramenta on the abaxial surface of the pinnae (black arrowhead) near the insertion point on the leaf rachis. .... 63
- Figure 3. Aspects of the reproductive morphology of *×Butyagrus nabonnandii* (Prosch.) Vorster.** **a.** Peduncular bract externally striated; **b.** Acuminate beak; **c.** acute beak; **d.** Peduncular bract slightly striated; **e.** Peduncular bract striated; **f.** Paniculate inflorescence; **g.** Fertile rachilla, showing the triads; **h.** Closed pistillate flower (white arrow) and closed (black arrow) and open (arrowhead) staminate flowers; **i.** Pyrenes (white arrow) and fruits (black arrow): Porto Alegre (PA); Manoel Viana (MV); Cachoeira do Sul (CS) and Venâncio Aires (VA); **j-k.** Infructescences of Venâncio Aires and Cachoeira do Sul; **l.** Pulped fruits (fr) with exposed pyrene (pi); **m-n.** Asymmetric subbasal pores of the endocarp (white arrows) with three projections (black arrows) in the apical portion of the endocarp; **o.** Open pyrenes without cavity or seeds (Venâncio

Aires); **p-q**. Open pyrenes with and without seeds of individuals from Porto Alegre (**p**) and Cachoeira do Sul (**q**); **r**. Closed and open pyrenes, with and without seeds of the individuals of Manoel Viana. Scale bars: 1 cm. .... 65

**Figure 4. Distributions of measurements and wet mass of fruits, mesocarp, pyrenes, and seeds of *x*B. nabonnandii**: Bars were plotted mean  $\pm$  SEM **a**. measurement of the equatorial and polar length of the fruits and pyrenes; **b**. Wet mass of fruits, mesocarps, and pyrenes; **c**. Measurements of the equatorial and polar length of the seeds; **d**. Wet mass of the seeds. Venâncio Aires, Porto Alegre, Manoel Viana and Cachoeira do Sul, Rio Grande do Sul, Brazil. .... 68

**Figure 5. Aspects of pyrene morphology of *x*Butyragrus nabonnandii**. **a-b-c**. Variation of seed shape (se) in the individuals from Porto Alegre (**a**), Cachoeira do Sul (**b**), and Manoel Viana (**c**); **d-e**. Coleopteran larva (la) inside the cavities of the endocarps (en) of the individual from Porto Alegre; **f**. Exit hole (ex) in the endocarp (en): the black arrow indicates one of the subbasal pores of the endocarp; **g-h-i**. Seed germination: the black arrows indicate the protrusion of the cotyledonary petiole; **j**. The arrows indicate projections at the apex of the pyrenes, comparing the similarity of *S. romanzoffiana* with specimens of *x*B. *nabonnandii* from the municipality of Venâncio Aires. Abbreviations: en (endocarp), se (seed)..... 70

### ARTIGO 3

**Figure 1. Image of the naturally occurring *x* B. nabonnandii, S. romanzoffiana and B. odorata**. Each yellow dot on the map indicates the place of natural occurrence and collection of plant material of the hybrid and its parents in the municipalities of Cachoeira do Sul, Manoel Viana, Porto Alegre and Venâncio Aires, in Rio Grande do Sul, Brazil. .... 84

**Figure 2. Morphometry of plant, leaf, inflorescence and rachillae**. **a-c**. Plant morphometry. **a**. *x* B. *nabonnandii*. **b**. *S. romanzoffiana*. **c**. *B. odorata*. **d-f**. Leaf morphometry. **d**. *x* B. *nabonnandii* leaf. **e**. *S. romanzoffiana* leaf. **f**. *B. odorata* leaf. Orange arrows indicate the groupings of the first four pinnae. **g-i**. Inflorescence morphometry. **g**. *x* B. *nabonnandii* inflorescence. **h**. *S. romanzoffiana* inflorescence. **i**. *B. odorata* inflorescence. **j-l**. Rachillae morphometry. **j**. *x* B. *nabonnandii* rachillae. **k**. *S. romanzoffiana* rachillae. **l**. *B. odorata* rachillae..... 89

**Figure 3. Fruit and bract morphometry. a-c.** Infructescence morphometry. **a.** *x B. nabonnandii* infructescence. **b.** *S. romanzoffiana* infructescence. **c.** *B. odorata* infructescence. **d.** From left to right: whole fruit, sectioned fruit, endocarp with and without seed, pyrene and seed from *x B. nabonnandii*. **e.** From left to right: whole fruit, pyrene, endocarp with and without seed and seed from *S. romanzoffiana*. **f.** From left to right: Whole fruit, pyrene, endocarp with and without seeds showing the locules and seeds from *B. odorata*. **g-i.** Bract morphometry. **g.** *x B. nabonnandii* bract. **h.** *S. romanzoffiana* bract. **i.** *B. odorata* bract. ....90

**Figure 4. Comparative vegetative morphometry between *x B. nabonnandii*, *S. romanzoffiana* and *B. odorata*. a-c.** The red arrows indicate the endocarp basal pores. **a.** *x B. nabonnandii*. **b.** *S. romanzoffiana*. **c.** *B. odorata*. **d-f.** The yellow arrows indicate the apical endocarp projections. No apical projections were found on the endocarp of *B. odorata*. **d.** *x B. nabonnandii*. **e.** *S. romanzoffiana*. **f.** *B. odorata*. **g-i.** Pinnae and ramenta morphometry. The orange arrows indicate the ramenta. *S. romanzoffiana* has no ramenta. **g.** *x B. nabonnandii* pinnae with ramenta. **h.** *S. romanzoffiana* pinnae with no ramenta. **i.** *B. odorata* pinnae with ramenta. **j-l.** Endocarps and seeds. White arrows point to endocarps, “se” stands for “seeds”. **j.** *x B. nabonnandii* endocarp with one seed. **k.** *S. romanzoffiana* endocarp with one seed. **l.** *B. odorata* endocarp with two seeds. **m-l** stem morphometry. **m.** *x B. nabonnandii* stem. **n.** *S. romanzoffiana* stem. **o.** *B. odorata* stem. ....91

#### ARTIGO 4

**Figura 1. Localização da população de *B. odorata* na propriedade Anacuita em Rosário do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil.** Os pontos vermelhos indicam os sítios de acessos das espécies do estudo. Fonte: Google Maps (com modificações)..... 104

**Figura 2. Hibridação induzida intergênero com pólen de *S. romanzoffiana* e óvulo de *B. odorata*:** **a.** inflorescência de *B. odorata*, a seta indica a ráquila fértil. **b.** inflorescência de *S. romanzoffiana*, a seta indicando a ráquila fértil. **c.** emasculação das ráquulas de *B. odorata*. **d.** ráquulas emasculadas. **e.** ráquulas isoladas com invólucros de TNT. **f.** estigmas de *B. odorata* receptivos. **g.** fertilização artificial dos estigmas receptivos de *B. odorata*, com pólen de *S.*

*romanzoffiana*. **h.** infrutescência com frutos maduros protegidos por involúcrulos de tecido filó. **i.** botões florais abortados e frutos híbridos maduros. **j.** frutos maduros. **l.** sementeira de pirênios dos híbridos..... 106

## LISTA DE TABELAS

### ARTIGO 2

- Table 1. Comparative morpho biometry of  $\times B. nabonnandii$  fruits in four populations in the Rio Grande do Sul.** Descriptive estimates of the average, maximum, minimum, standard deviation, and coefficient of variation (%) of the wet fruit mass (WFM); polar fruit length (PFL), and equatorial fruit length (EFL) from 120 fruits from the municipalities of Venâncio Aires, Porto Alegre, Cachoeira do Sul and Manoel Viana. .... 66
- Table 2. Comparative morpho biometry of pyrenes of  $\times B. nabonnandii$  in four populations in the Rio Grande do Sul.** Descriptive estimates of the average, maximum, minimum, standard deviation, and coefficient of variation (%) of the wet pyrene mass (WPM); polar pyrene length (PPL), and equatorial pyrene length (EPL) from 120 seeds from the cities of Venâncio Aires, Porto Alegre, Cachoeira do Sul and Manoel Viana. .... 66
- Table 3. Comparative morpho biometry of  $\times B. nabonnandii$  seeds in four populations in the Rio Grande do Sul.** Descriptive estimates of the average, maximum, minimum, standard deviation, and coefficient of variation (%) of the wet seed mass (WSM); polar seed length (PSL), and equatorial seed length (ESL), from 120 seeds from the municipalities of Porto Alegre, Cachoeira do Sul and Manoel Viana. .... 68

### ARTIGO 3

- Table 1. Comparative qualitative characteristics of adult reproductive plants of  $\times B. nabonnandii$ , *S. romanzofiana* and *B. odorata*.** ..... 86
- Table 2. Stem, Leaf and Peduncular Bract Biometrics.** ..... 92
- Table 3. Inflorescence biometrics.** ..... 93
- Table 4. Fruit, pyrene and seed biometrics**..... 94

### ARTIGO 4

- Tabela 1. Coordenadas geográficas dos acessos das amostras de *B. odorata* e *S. romanzofiana*.** ..... 103



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>19</b>
1.1	ARECACEAE: REVISÃO GERAL.....	19
1.2	CARACTERIZAÇÃO BOTÂNICA E MORFOFENOLOGIA DA ARECACEAE ....	19
1.2.1	Estipe .....	19
1.2.2	Folha .....	19
1.2.3	Inflorescência e infrutescência .....	20
1.2.4	Flores .....	20
1.2.5	Fruto .....	20
1.2.6	Pirênio .....	20
1.2.7	Semente .....	21
1.3	HIBRIDAÇÃO NATURAL EM ARECACEAE.....	21
1.4	HIBRIDAÇÃO INDUZIDA EM ARECACEAE .....	22
1.5	CARACTERÍSTICAS BOTÂNICAS E ASPECTOS BIOGEOGRÁFICOS DAS ESPÉCIES E DO HÍBRIDO ESTUDADAS .....	22
1.5.1	<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassm .....	22
1.5.2	Características botânicas e aspectos biogeográficos do <i>Butia odorata</i> (Barb. Rodr.) Noblick .....	23
1.5.3	Características botânicas e aspectos biogeográficos do <i>×Butyagrus nabonnandii</i> (Prosch.) Vorste .....	24
1.6	GERMINAÇÃO DAS ARECACEAE.....	25
1.7	VIABILIDADE DA SEMENTE DO HÍBRIDO .....	26
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>27</b>
2.1	GERAL .....	27
2.2	ESPECÍFICOS .....	27
<b>3</b>	<b>ARTIGO 1 – A IMPORTÂNCIA DA HIBRIDIZAÇÃO PARA A RESERVAÇÃO DA VARIABILIDADE GENÉTICA DA FAMÍLIA ARECACEAE (PALMEIRAS) FRENTE A FATORES ANTROPOGÊNICOS: UMA REVISÃO SOBRE O CASO DA PALMEIRA <i>×Butyagrus nabonnandii</i> (PROSCH.) VORSTE.....</b>	<b>28</b>
3.1	INTRODUÇÃO .....	31
3.2	METODOLOGIA .....	34
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	35

3.3.1	Estado atual e preservação da Arecaceae .....	35
3.3.2	Características botânicas do <i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassm. ....	37
3.3.3	Características botânicas e aspectos biogeográficos do <i>Butia odorata</i> (Barb.Rodr.) Noblick .....	39
3.3.4	Hibridização induzida entre <i>B. odorata</i> e <i>S. romanzoffiana</i> .....	41
3.3.5	Características botânicas e aspectos biogeográficos do <i>×Butyagrus nabonnandii</i> (Prosch.) Vorste .....	42
3.3.6	Variabilidade genética na Arecaceae .....	43
3.4	CONCLUSÃO .....	45
3.5	REFERÊNCIAS .....	47
4	<b>ARTIGO 2 – <i>×Butyagrus nabonnandii</i> (PROSCH.) VORSTER (ARECACEAE): A STERILE AND RARE PALM WITH VARIABLE MORPHOLOGY?</b> .....	<b>56</b>
4.1	INTRODUCTION.....	57
4.2	MATERIALS AND METHODS .....	59
4.3	RESULTS .....	62
4.3.1	Occurrence.....	62
4.3.2	Vegetative Morphometry.....	62
4.3.3	Reproductive Morphometry .....	64
4.3.4	Germination.....	69
4.4	DISCUSSION .....	70
4.5	CONCLUSIONS.....	74
4.6	REFERENCES.....	75
5	<b>ARTIGO 3 – MORFOBIOMETRIA VEGETATIVA E REPRODUTIVA, COMPARATIVA ENTRE OS GENITORES <i>Syagrus romanzoffiana</i> (CHAM.) GLASSM., <i>Butia odorata</i> (BARB.RODR.) NOBLICK E O <i>×Butyagrus</i> <i>nabonnandii</i> (PROSCH.) VORSTE(ARECACEAE) EM VEGETAÇÃO NATURAL DORIO GRANDE DO SUL, BRASIL</b> .....	<b>81</b>
5.1	INTRODUCTION.....	82
5.2	MATERIAL AND METHODS .....	83
5.3	MORPHOMETRY.....	85
5.4	RESULTS AND DISCUSSION .....	86
5.5	CONCLUSIONS.....	96
5.6	REFERENCES.....	98

<b>6</b>	<b>ARTIGO 4 – A HIBRIDAÇÃO INDUZIDA INTERGÊNEROS COM GRÃOS DE PÓLEN DE <i>Syagrus romanzoffiana</i> (CHAM.) GLASSM., E ÓVULOS DE <i>Butia odorata</i> (BARB.RODR.) NOBLICK., NA PRODUÇÃO DE HÍBRIDOS, NO BIOMA PAMPA, RIO GRANDE DO SUL, BRASIL.....</b>	<b>100</b>
6.1	INTRODUÇÃO .....	101
6.2	MATERIAL E MÉTODOS .....	103
6.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	107
6.4	REFERÊNCIAS .....	109
<b>7</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>111</b>
<b>8</b>	<b>MEMORIAL DESCRITIVO .....</b>	<b>113</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>118</b>

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

### 1.1 ARECACEAE: REVISÃO GERAL

Arecaceae estão inseridas no grupo das Angiospermas, em particular nas monocotiledôneas possuem cerca de 2.600 espécies distribuídas em 181 gêneros (BAKER; DRANSFIELD, 2016; STEVENS, 2017). Essa família é conhecida pela elevada diversidade genética nas regiões tropicais e subtropicais e tem importância fundamental em muitos ecossistemas de floresta e de savana, oferecendo recursos importantes para herbívoros, polinizadores e animais que se alimentam de frutos e sementes (ELIAS et al., 2018; MUSCARELLA et al., 2020; NOBLICK, 2010).

No Brasil, os gêneros *Butia* (Becc.) Becc. e *Syagrus* Mart. se destacam pelas espécies endêmicas e de ocorrência simpátrica, o que favorece o surgimento de híbridos dentro dos gêneros ou até mesmo entre os gêneros, como *<sup>x</sup>Butyagrus* Vorster (ENGELS; MEYER; SOARES, 2021; GLASSMAN, 1971; NOBLICK, 2010, 2012, 2017a; SOARES et al., 2014a, 2014b).

### 1.2 CARACTERIZAÇÃO BOTÂNICA E MORFOFENOLOGIA DA ARECACEAE

#### 1.2.1 Estipe

Arecaceae apresentam uma grande diversidade de hábitos, com fustes tipicamente do tipo estipe. O estipe lenhoso pode ser aéreo ou acaules. Na maioria das espécies, o fuste é solitário (KISSLING et al., 2019). Mas também se apresentam cespitosos (entouceirados), ocasionalmente trepadores e raramente ramificados. Quanto ao caule, ele pode ser liso, coberto por fibras ou por espinhos, revestido pelas bainhas remanescentes das folhas e, em casos mais raros, revestidos de tricomas (DRANSFIELD et al., 2008; NOBLICK, 2019).

#### 1.2.2 Folha

As folhas exibem formas e tamanhos variados. A configuração em coroa das folhas pinadas ou flabeliformes, geralmente dispostas no topo do estipe, constituem um personagem distintivo da palmeira por tornar fácil a sua identificação nos ambientes em florestas, restingas, mangues, savanas, formações campestres, regiões desérticas e afloramentos rochosos (BAKER; DRANSFIELD, 2016; DRANSFIELD et al., 2008).

### **1.2.3 Inflorescência e infrutescência**

As inflorescências e infrutescências constituem um sistema de ramificação monopodial que se desenvolvem na axila de uma folha e são frequentemente grandes. As inflorescências interfoliares ou infrafoliares, na antese, apresentam-se em forma de panícula, com um eixo principal dividido em pedúnculo, porção não ramificada e ráquis com presença de poucas a muitas ráquulas que são protegidas por uma ou mais brácteas pedunculares grandes (JOLY, 1975).

### **1.2.4 Flores**

As flores são simples e exemplificam a forma básica das monocotiledôneas, que está estruturada em três sépalas e três pétalas ligeiramente imbricadas, de três, seis estames ou mais, com filetes livres e três carpelos uniovulados distintos. A flor pode ser séssil ou ter um pedúnculo curto, carregando um (raramente dois) bracteoles. As flores são pequenas, com perianto não vistoso, geralmente trímeras e unissexuais, raramente hermafroditas, formação em tríades com predominância de flores pistiladas rodeadas por duas flores estaminadas na porção basal até a região mediada na ráquulas. Nas pontas ocorre a predominância das estaminadas, em protandria (BAKER et al., 1999; DRANSFIELD, 1970).

### **1.2.5 Fruto**

Os frutos das palmeiras em geral são secos ou carnosos e indeiscentes predominando a forma obovoide a elipsoidal (HENDERSON, 2002). Apresentam cores variadas e dispostos, geralmente, em infrutescências. A maioria dos frutos apresenta-se como drupa, raramente como baga e contém somente um pirênio com uma a três sementes e, nos híbridos pode ocorrer ausência de sementes (ALMEIDA, 2018; ROSA et al., 2023).

### **1.2.6 Pirênio**

Os pirênios são constituídos pelo endocarpo e a semente. Têm várias formas diferentes que ocorrem na Arecaceae, de frágil até às vezes altamente esculpidos. Endocarpos em forma de gaiola, consistindo em camadas internas e externas de fibras maciças ramificadas chegam às margens de rios na América do Sul. Frutos de *Ravenea* fazem sons musicais quando atingem a

água, e têm endocarpos flutuantes esponjosos contendo sementes germinadas que estão prontos para se desenvolver (DRANSFIELD et al., 2008). Geralmente é homogêneo, mas pode ser dissecado por crescimento interno do tegumento da semente e, assim, ruminar. Em poucos gêneros (por exemplo, Cocos), o endosperma é oco. Os poros do endocarpo, normalmente, três deles estão presentes na região apical e/ou equatorial, simétricos ou assimétricos, são características dos endocarpos duros de Cocoseae. A forma dos pirênios distingue alguns táxons, importante na classificação sistemática das espécies da família (DRANSFIELD et al., 2008). A semente pode atingir 30 cm de comprimento e pesar de 5-18 kg. Sementes com peso de 25 kg também foram registrados nesta família (TOMLINSON, 2006).

### 1.2.7 Semente

As sementes vêm em uma ampla variedade de tamanhos, formas, coloração, sendo que essas características são de grande importância para sua identificação. Está constituída pelo embrião, um tecido de reserva nutritivo e um envoltório protetor, denominado de tegumento ou casca. Elas são geralmente ovoides, elipsoidais ou de formato globoso com endosperma interno - unidade reprodutiva das espermatófitas, com função da sobrevivência das plantas (RAVEN, 2007).

## 1.3 HIBRIDAÇÃO NATURAL EM ARECACEAE

Em Arecaceae é comum a ocorrência de híbridos naturais, especialmente oriundos de cruzamentos interespecíficos, como os que ocorrem entre espécies de *Syagrus* (GLASSMAN, 1970). A formação de híbridos naturais a partir de cruzamentos intergenéricos, entretanto, já são mais raros, por envolverem cruzamento entre *S. romanzoffiana* com espécies do gênero *Butia* (Becc.) Becc (ENGELS; MEYER; SOARES, 2021; LORENZI et al., 2010; ROSA et al., 2023; SOARES et al., 2014a). Até o momento foram descritos três híbridos de *Butyragrus*, sendo eles: <sup>x</sup>*Butyragrus nabonnandii* (Prosch.) Vorster, <sup>x</sup>*Butyragrus alegretensis* K. Soares, no Rio Grande do Sul e <sup>x</sup>*Butyragrus paranaensis* Engels, T. A. Meyer & K. Soares, no Estado do Paraná, Brasil.

A ocorrência de híbridos intergenéricos naturais é pouco estudada no gênero, assim como a ocorrência de híbridos interespecíficos. Tais fenômenos precisam ser entendidos, visto que possuem implicações diretas para o manejo de coleções *ex situ* de germoplasma (PEREIRA et al., 2015a).

## 1.4 HIBRIDAÇÃO INDUZIDA EM ARECACEAE

Areaceae (Palmae) apresenta diversos casos de cruzamento interespecífico e intergênero que geram híbridos naturais (DRANSFIELD et al., 2008; GLASSMAN, 1971, 1987; NOBLICK, 2010, 2017a; SOARES et al., 2014a, 2014b). A hibridação natural ou artificial pode favorecer à heterozigosidade e, frequentemente, é acompanhada pelo maior vigor híbrido dos vegetais, expresso no crescimento e produção de sementes (GLOMBIK et al., 2020). Além disso, a hibridização natural ou artificial é prática usual em programas de melhoramento genético de culturas, configurada pela adaptação mais ampla a novos nichos ambientais (RIESEBERG; WILLIS, 2007).

Nesse sentido, a polinização manual de palmeiras é uma estratégia promissora para a produção de mudas em escala comercial de híbridos e, com isso, ajudar na sua preservação (ARNOLD, 1997; KINGSBURY, 2010). Assim como técnicas visando ao aumento do sucesso na hibridação induzida intergêneros, como por exemplo, entre o *B. odorata* e *S. romanzoffiana*, tornam-se importantes para subsidiar o desenvolvimento de programas de melhoramento genético, e com isso, originar organismos com características morfológicas interessantes do ponto de vista ecológico, paisagístico e comercial (RIOS et al., 2012; ROSA et al., 2021).

## 1.5 CARACTERÍSTICAS BOTÂNICAS E ASPECTOS BIOGEOGRÁFICOS DAS ESPÉCIES E DO HÍBRIDO ESTUDADAS

### 1.5.1 *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassm

*S. romanzoffiana*, é uma espécie nativa, conhecida popularmente como "jerivá" com sinônimas botânicas diversas (BEGNINI, 2008; LORENZI, 2004; LORENZI et al., 1996), é cultivada como ornamental, ocorrendo no Nordeste (Bahia), Centro-Oeste (Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso do Sul), Sudeste (Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo), Sul (Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina) (SOARES, 2020). Esta espécie ocorre também no Uruguai, Paraguai e Argentina (LEITMAN; HENDERSON; NOBLICK, 2012).

Essa palmeira tem hábito solitário de características perenes, heliófita, seletiva higrófila, estipe isolado e cilíndrico que pode atingir de 10 a 20 m de altura e 30 a 50 cm de diâmetro (LORENZI, 2004). Suas folhas são pinadas, de aspecto plumoso, formando uma coroa no ápice do estipe na cor verde-escuras brilhantes (ADAM et al., 2011; NADOT et al., 2016).

A espécie é monoica, protândrica e de reprodução exclusivamente sexuada, com inflorescências interfoliares formada por milhares de flores unissexuais com botões florais e flores estaminadas de cor amareladas, dispostas numa panícula formada de ráquulas (ROCHA, 2009). Cada ráquila contém flores unissexuais, sendo que uma pistilada é distribuída entre duas estaminadas, formando uma tríade. As tríades estão localizadas na porção basal até a mediada das ráquulas. A porção superior das ráquulas é formada de flores estaminadas (LORENZI et al., 2010; NOBLICK, 2019).

A polinização entomófila predomina e é realizada principalmente por abelhas (Hymenoptera) e besouros (Coleoptera), com possibilidade de ocorrer a fertilização também de forma anemófila (CARVALHO, 2006). O período de floração, com a abertura das brácteas pedunculares, em inflorescências e maturação dos frutos, ocorre quase o ano todo. No entanto, mais notadamente entre os meses de outubro a fevereiro. Seus frutos servem de alimento para vários vertebrados, entre os quais: pequenos roedores, esquilos, cutias, pacas, quatis, cracídeos, queixadas, macacos e antas (GALETTI; PASCHOAL; PEDRONI, 1992; GIOMBINI; BRAVO; MARTÍNEZ, 2009; LORENZI, 2004), oferecendo assim, um recurso fundamental para numerosos frugívoros durante os períodos de escassez de frutos (GENINI; GALETTI; MORELLATO, 2009; GIOMBINI; BRAVO; TOSTO, 2016; KEUROGHLIAN; EATON, 2008).

O *S. romanzoffiana*, em face das características morfológicas e adaptabilidade a diferentes ecossistemas, é frequentemente encontrada nas matas ciliares, nas capoeiras e áreas recém abandonadas, demonstrando tratar-se de uma espécie pioneira com utilização em revegetação de áreas degradadas de forma ativa ou passiva (LAINDORF et al., 2020).

### **1.5.2 Características botânicas e aspectos biogeográficos do *Butia odorata* (Barb. Rodr.) Noblick**

O butiazeiro *B. odorata*, espécie estudada, é uma palmeira ocorrente na zona da Planície Costeira - desde o Estado do Rio Grande do Sul, no Brasil, até Rocha, no Uruguai. A espécie tem se destacado por seu valor ecológico e potencial econômico, principalmente na agroindústria. Num levantamento etnobotânico, realizado no sul do Brasil, os agricultores identificaram grande variabilidade nos frutos do butiá em relação ao tamanho, sabor, cor, deiscência e acidez (BÜTTOW et al., 2009).

Na caracterização botânica do *B. odorata*, o estipe único de 2–12 m de altura, 32–60 cm diâmetro, recoberto pelas bainhas remanescentes e imbricadas das bainhas e parte dos



pseudopécíolos confere estrutura peculiar aos butiás (LORENZI et al., 2010). Geralmente, a raque da folha é fortemente arqueada, com folhas de cor azulado-prateado e pseudopécíolos armados com fibras ou dentes endurecidos. Tem bráctea peduncular lisa, quase lisa ou levemente estriada. Os frutos de *B. odorata* variam muito na cor (verde, amarelo, vermelho, laranja e roxo). O endocarpo geralmente contém um pirênio com três poros localizados na região equatorial do endocarpo, em vez de basal como em *Syagrus*. O mesocarpo é suculento e carnosos, e não fibroso e mucilaginoso como em *Syagrus* (LORENZI et al., 2010; RIVAS; BARBIERI, 2014). Os frutos são consumidos *in natura* ou processados na utilização produtos em diferentes setores da indústria, seja alimentícia, artesanato, farmacêutica ou cosmética. (LORENZI et al., 2010; RIVAS; BARBIERI, 2014, 2018; SOARES et al.; 2014a).

A espécie é monoica, protândrica, com flores estaminadas e pistiladas formando tríades na mesma inflorescência, facilitando a alogamia. A distribuição das flores estaminadas se dá ao longo de toda a ráquila, com predominância no ápice. Em contrapartida, as flores pistiladas estão presentes da base até a porção mediana da ráquila (FONSECA, 2014; MOREL, 2006). Floresce e frutifica, em geral, nos meses de outubro a fevereiro.

### **1.5.3 Características botânicas e aspectos biogeográficos do *×Butyagrus nabonnandii* (Prosch.) Vorste**

Este híbrido é descrito como sendo o cruzamento entre *S. romanzoffiana* e *B. odorata*. Na classificação botânica as espécies parentais e o híbrido pertencem a ordem Arecales, tribo Cocosae e subtribo Attalainae. As regiões de ocorrência natural de *×B. nabonnandii* correspondem ao estado do Rio Grande do Sul e sudeste do Uruguai, devido à distribuição natural das espécies parentais (BURRET, 1940; NOBLICK, 2010).

*×Butyagrus nabonnandii* (Prosch.) Vorste, foi primeiramente descrito por Proschowsky (1921), cuja etimologia é uma homenagem a Paul Nabonnand que, na década de 1890, foi o primeiro a hibridizar artificialmente as espécies progenitoras na França (NOBLICK, 2010). O primeiro registro da ocorrência de hibridização natural se deu na década de 1940, quando o professor Max Burret do Jardim Botânico de Berlim recebeu duas fotos de uma palmeira de ocorrência na cidade de Porto Alegre, no Rio Grande do Sul, Brasil. Uma de suas características botânicas, além da riqueza paisagística e do potencial alimentício que representa nos locais de ocorrência, dentro da biodiversidade brasileira, é sobreviver bem em diferentes climas, suportando temperaturas baixas em torno de -10 °C. (NOBLICK, 2010). Na Flórida, estado dos

Estados Unidos, está se tornando mais popular e utilizado nos projetos de paisagismo, justamente por ser mais tolerante ao frio do que outras palmeiras (ELLIOTT et al., 2016).

O híbrido apresenta a estrutura externa do estipe diferenciado em relação aos seus genitores, *B. odorata* e *S. romanzoffiana*, observando-se a presença remanescente da porção basal das bainhas, em forma de escamas, distribuídas espaçadamente ao longo do estipe. As folhas são pinadas e contemporâneas, verdes e brilhantes. A raque é pouco curvada. Tem bainha semipersistente, fibrosa e pseudopecíolo com dentes pouco pronunciados na sua margem, geralmente apenas fibras engrossadas. A palmeira é monoica e protândrica, com inflorescência interfoliares protegida por bráctea peduncular sulcada a levemente sulcada. As flores imperfeitas estão distribuídas em tríades da base até a porção mediada das ráquulas, deixando a porção apical somente com flores estaminadas. Floresce durante todo o ano, com maior intensidade nos meses de outubro a março. Os frutos são ovoides ou globosos, com cores e tamanhos variáveis, comestíveis, compostos por mesocarpo, suculento apresentando pouca mucilagem. O Pirênio é composto de endocarpo pétreo, de cavidade interna regular contendo, em sua maioria, uma semente.

Foram encontrados espécimes do híbrido em quatro municípios ainda não relatados na literatura, como área de ocorrência. Nesses locais, a população mais numerosa (20 indivíduos) foi a do município de Venâncio Aires, enquanto nas demais áreas: Porto Alegre (Jardim Botânico); Cachoeira do Sul e Manoel Viana, os híbridos ocorrem em pequena quantidade (de um a dois indivíduos). Nessas áreas de estudo, os híbridos coabitam, geralmente, com seus progenitores, sendo a presença de *B. odorata* mais próximo do híbrido, comumente observada (ROSA et al., 2023; SOARES et al., 2014a).

Na literatura, tanto natural quanto sob cultivo, as ocorrências são prioritariamente raras, com 1 ou 2 espécimes, o que certamente foi responsável por caracterizar o híbrido como raro (GLASSMAN, 1971; SOARES et al., 2014)b, contudo, no município de Venâncio Aires, já localizamos 20 espécimes e esse número provavelmente é bem maior, o que demonstra que o híbrido não é raro tanto ao se considerar o número de localidades onde ocorre, quanto a quantidade de espécimes por localidade (ROSA et al., 2023).

## 1.6 GERMINAÇÃO DAS ARECACEAE

A germinação de sementes das palmeiras depende de muitos fatores intrínsecos e extrínsecos envolvendo suas peculiaridades morfoanatômicas e fisiológicas. Dentre esses fatores, como água, temperatura, maturação fisiológica, dormência física e química, e substratos

podem influenciar diretamente na germinação das sementes de palmeiras, tornando-as, muitas vezes, lenta, irregular e em baixa porcentagem (FERREIRA; CASTRO; GENTIL, 2010; PIVETTA et al., 2005). Outros fatores apontaram, que, assim como em outras Arecaceae, taxas de germinação observadas das sementes de *B. naborlandii* são baixas devido, principalmente pela alta incidência de contaminação e predação das sementes por larvas de insetos, além da produção de frutos sem sementes (ROSA et al., 2023).

Os melhores resultados para germinação de palmeiras, são obtidos com sementes provenientes de frutos maduros, pois a germinação de sementes de frutos imaturos é falha e, muitas vezes, inviabilizada, em decorrência da imaturidade do embrião e da não solidificação do endosperma (LORENZI, 2004).

Novas técnicas de germinação são pesquisadas devido ao grande interesse econômico, ecológico e paisagístico nesta família, que atrai a atenção de muitos pesquisadores. Aliada a esses fatores, a ampla diversidade biológica dentro da família explica a abundância de pesquisas com palmeiras em todo o mundo, como demonstrado pelo vasto corpo de literatura sobre as palmeiras publicado desde 1987 no livro *Genera Palmarum*, 1ª edição de Dransfield, 1986 (DRANSFIELD et al., 2008).

Sobre o mesmo período, o interesse mundial no cultivo de palmeiras também aumentou devido a todos esses atributos que levam a Arecaceae a ser considerada economicamente uma das mais importantes do mundo (CÁMARA-LERET et al., 2017; COUVREUR; BAKER, 2013; KISSLING, 2017; ONSTEIN et al., 2017; RICHARDSON; PENNINGTON, 2016). No entanto, estudos com esse grupo de plantas que forneçam dados de características funcionais em amplas escalas espaciais permanecem escassos (CÁMARA-LERET et al., 2017; ONSTEIN et al., 2017).

## 1.7 VIABILIDADE DA SEMENTE DO HÍBRIDO

Em relação à viabilidade das sementes de *B. naborlandii*, tanto Noblick (2010) quanto Soares et al. (2014a) afirmam que o híbrido é infértil (palmeira-mula) porque suas sementes não germinam. Contudo, em três dos quatro municípios avaliados, nossos experimentos demonstraram haver germinação de parte das sementes, com protusão do pecíolo cotiledonar, depois de 160 dias da sementeira (ROSA et al., 2023), com taxa de germinação similar ao observado para espécies do gênero *Butia*, indicando que esse híbrido é fértil.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 GERAL

Esse trabalho teve por objetivo geral avaliar a morfometria comparativa de espécimes de diferentes populações naturais, das palmeiras *S. romanzoffiana*, *B. odorata* e o  $\times B. nabonnandii$ , bem como, a variação fenotípica interpoblacional e o processo germinativo do híbrido em quatro populações naturais localizadas nos municípios de Venâncio Aires, Porto Alegre, Cachoeira do Sul e Manoel Viana, no Rio Grande do Sul, Brasil.

### 2.2 ESPECÍFICOS

- Analisar publicações científicas sobre Arecaceae no sentido de compilar informações botânicas dessa família.
- Descrever os caracteres vegetativos, reprodutivos e a germinação de  $\times Butyagrus nabonnandii$  naturais, a partir de diferentes populações no Rio Grande do Sul, Brasil;
- Identificar a ocorrência natural do híbrido e se essa palmeira é realmente rara no Estado do Rio Grande do Sul (RS);
- Realizar a hibridização artificial entre *S. romanzoffiana* e *B. odorata* para gerar híbridos viáveis;
- Caracterizar a morfobiometria e fenologia comparativas entre os progenitores *S. romanzoffiana* e *B. odora* e o  $\times B. nabonnandii$ , em quatro populações naturais do RS.

**3 ARTIGO 1 – A IMPORTÂNCIA DA HIBRIDIZAÇÃO PARA A RESERVAÇÃO DA VARIABILIDADE GENÉTICA DA FAMÍLIA ARECACEAE (PALMEIRAS) FRENTE A FATORES ANTROPOGÊNICOS: UMA REVISÃO SOBRE O CASO DA PALMEIRA <sup>x</sup>*Butyagrus nabonnandii* (PROSCH.) VORSTE**

ARTIGO PUBLICADO EM 2021 - RESEARCH, SOCIETY AND DEVELOPMENT, V. 10, N. 14, E347101422104, 2021 (CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: [HTTP://DX.DOI.ORG/10.33448/RSD-V10I14.22104](http://dx.doi.org/10.33448/RSD-V10I14.22104). RECEBIDO: 21/10/2021 | REVISADO: 28/10/2021 | ACEITO: 02/11/2021 | PUBLICADO: 04/11/2021.

**Autores**

**Lurdes Zanchetta da Rosa** (Orcid: 0000000349119670),  
**Carlos Gabriel Moreira de Almeida** (Orcid:0000000245284233),  
**Angela Medeiros de Assis Brasil** (Orcid: 0000000166658874),  
**Bruna Lúcia Laindorf** (Orcid:0000000294182567),  
**Mauricio Ricardo de Melo Cogo** (Orcid:0000000228857212),  
**Sofia Aumond Kuhn** (Orcid: 0000000256214054),  
**Andriéli Bacega** (Orcid: 000000025517007),  
**Natanael Lemos dos Santos** (Orcid: 0000-0002-9791-7346),  
**Dienifer Noetzold Blaskesi Silveira** (0000000179782743),  
**Ana Paula Vestena Cassol** (Orcid: 0003-3662-9372 0000),  
**Antonio Batista Pereira** (Orcid: 0000000303684594),  
**Velci Queiroz de Souza** (Orcid: 0000000268906015).

## RESUMO

Arecaceae, reconhecida mundialmente pela sua importância econômica e ambiental, está em franco declínio populacional devido, principalmente, a ação antropogênica. Este trabalho consiste em uma revisão ampla das publicações científicas sobre a Família e, mais especificamente, dos gêneros *Butia* (Becc.) Becc. e *Syagrus* Mart. Aqui reunimos, organizamos e compilamos características botânicas e aspectos biogeográficos dos gêneros mencionados, com o objetivo de fundamentar trabalhos de pesquisa sobre alternativas viáveis à conservação dessas palmeiras e o atendimento das demandas de mercado por mudas dessas espécies tropicais. Uma alternativa proposta é o desenvolvimento de metodologias de hibridização entre esses dois gêneros, a fim de se obter respostas desejáveis para a finalidade comercial e, ao mesmo tempo, implementar planos de preservação para as populações de palmeiras nativas. Os dados levantados foram obtidos a partir de literatura científica em sites e revistas, no período de junho de 2019 a março de 2021. As buscas envolveram obras de 1970 a 2021. Nesta pesquisa exploratória, é primordial enfatizar a importância da interpretação e das opiniões dos pesquisadores, de forma que seja possível integrá-los às obras, proporcionando uma fundamentação teórica que dê sustentação a uma discussão a respeito do tema proposto.

**Palavras-chave:** *Butia odorata*; Conservação; Diversificação gênica; Palmae; *Syagrus romanzoffiana*.

## ABSTRACT

Arecaceae, acknowledged worldwide for its economic and environmental importance, faces sharp decline in population due, mainly, to anthropogenic action. This work consists of a wide review of the scientific publications on the family and, more specifically, of the genus *Butia* (Becc.) Becc. and *Syagrus* Mart. Here we gather, organize and compile botanical characteristics and biogeographic aspects of the mentioned genera, and we did it aiming to support research work on viable alternatives for the conservation of these palm trees and meeting the market demands for seedlings of these tropical species. A proposed alternative is the development of hybridization methodologies between these two genera, in order to obtain desirable answers for the commercial purpose. And, at the same time, implement conservation plans for native palm populations. The data collected were obtained from scientific literature on websites and magazines, from June 2019 to March 2021. The searches involved works from 1970 to 2021.

In this exploratory research, it is important to emphasize the pivotal role regarding interpretation and the opinions of the researchers, in such a way that it is possible to integrate them into the works, providing a theoretical foundation that supports a discussion about the proposed theme.

**Keywords:** *Butia odorata*; Conservation; Genetic diversification; Palmae; *Syagrus romanzoffiana*.

## RESUMEN

Arecaceae, reconocida mundialmente por su importancia económica y ambiental, se encuentra en claro declive poblacional, principalmente debido a la acción antropogénica. Este trabajo consiste en una revisión exhaustiva de publicaciones científicas sobre la Familia y, más específicamente, sobre los géneros *Butia* (Becc.) Becc. y *Syagrus* Mart. Aquí reunimos, organizamos y compilamos características botánicas y aspectos biogeográficos de los géneros mencionados, con el objetivo de apoyar trabajos de investigación sobre alternativas viables a la conservación de estas palmeras y atender las demandas del mercado de plántulas de estas especies tropicales. Una alternativa propuesta es el desarrollo de metodologías de hibridación entre estos dos géneros, con el fin de obtener respuestas de seables confines comerciales y, al mismo tiempo, implementar planes de preservación para poblaciones de palmeras nativas. Los datos recolectados se obtuvieron de la literatura científica en sitios web y revistas, de junio de 2019 a marzo de 2021. Las búsquedas involucraron trabajos de 1970 a 2021. En esta investigación exploratoria, es fundamental enfatizar la importancia de la interpretación y opiniones de los investigadores, de tal manera que es posible intergrarlos a las obras, aportando un fundamento teórico que sustente una discusión sobre el tema propuesto.

**Palabras clave:** *Butia odorata*; Conservación; Diversificación genética; Palmae; *Syagrus romanzoffiana*.

### 3.1 INTRODUÇÃO

Arecaceae tem importância econômica, sociocultural, turística e patrimonial em todo o mundo. Nos trópicos, as palmeiras são consideradas ícones em razão da sua importância fundamental em muitos ecossistemas de floresta e savana, oferecendo recursos importantes para herbívoros, polinizadores e animais que se alimentam de frutos e sementes. Além disso, as palmeiras podem oferecer informações importantes sobre a evolução das florestas tropicais (COUVREUR & BAKER, 2013). A relação dos seres humanos com as palmeiras é ampla, destacando-se como alimentos no consumo de frutos (açai, butiá, coco e diversas outras), do palmito e de óleos como o dendê. No artesanato, as folhas fornecem as fibras utilizadas na confecção de cestos e, em muitas comunidades rurais, cobrem telhados (KISSLING *et al.* 2019).

Todos esses atributos contribuíram para elevar essa família a um patamar econômico superior, colocando-a entre as mais importantes do mundo (CÁMARA-LERET *et al.* 2017; COUVREUR & BAKER, 2013; KISSLING, 2017; ONSTEIN *et al.* 2017; RICHARDSON & PENNINGTON, 2016). No entanto, estudos com esse grupo de plantas, que efetivamente forneçam dados de características funcionais em amplas escalas espaciais, ainda permanecem escassos abrindo espaços para novas pesquisas (CÁMARA-LERET *et al.* 2017; ONSTEIN *et al.* 2017).

Nesse sentido, levantamos alguns estudos sobre a variabilidade genética aplicada a Arecaceae, a fim de ressaltar a importância de conduzir novas pesquisas nesta área com as espécies *B. odorata* (palmeira butia), *S. romanzoffiana* (palmeira jerivá) e do híbrido  $\times$  *B. naborlandii* (Prosch.) de ocorrência natural (SOARES *et al.* 2014), visto que, essas palmeiras estão sujeitas a fatores antropogênicos e carecem de novas estratégias de manejo das populações e sua preservação.

As palmeiras tiveram seu auge de desenvolvimento e disseminação pelo planeta no período Geológico Terciário (Eoceno) e formaram densos e luxuriantes bosques no atual território da Finlândia, da Rússia europeia, da Alemanha, da Ásia, da África e das Américas, constituindo dois terços da vegetação arbórea (DRANSFIELD *et al.* 2008; SOARES *et al.* 2014). Elas podem ter-se originado no oeste da Gondwana (hoje denominada de América do Sul) no início do Cretáceo (SOARES *et al.* 2013). Dessa forma e, mediante esses critérios evolutivos de julgamento, as palmeiras mais primitivas seriam nativas da América do Sul.

No Brasil, a ocorrência foi confirmada em todas as regiões de domínios fitogeográficos da Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal (DRANSFIELD *et al.*



2008). O primeiro relato publicado de palmeiras brasileiras foi registrado em História Natural Palmarum, escrito por Martius em 1823 (NOBLICK, 2019).

No Rio Grande do Sul, as palmeiras estão presentes em ambientes campestres, áreas abertas ou matas ciliares, formando palmares característicos (SOARES *et al.* 2014). Muitas espécies de *Butia* são endêmicas no solo gaúcho, não ocorrendo em nenhuma outra região da federação do país (ROSSATO & BARBIERI, 2007; ROSSATO, 2007).

A Arecaceae, na classificação botânica, pertence a ordem Arecales, com distribuição Pantropical. Na classificação sistemática, faz parte do grupo das monocotiledôneas e são distintas de outras árvores nos aspectos evolutivos, morfológicos e fisiológicos, e estas diferenças têm consequências importantes para os serviços ecossistêmicos (MUSCARELLA *et al.* 2020). Essa família é constituída de aproximadamente 188 gêneros, que são distribuídos em mais de 2585 espécies, pertencentes a cinco subfamílias (STEVENS, 2017). A costa equatorial da África, Oceania, costa brasileira, Amazônia, Indonésia e Antilhas podem ser destacadas como os principais centros de diversificação dessa família (MOORE & UHL, 1982).

Arecaceae está no grupo de plantas que apresentam uma grande diversidade de hábitos, com fustes tipicamente do tipo estipe, o estipe lenhoso pode ser aéreo ou subterrâneo (acaules). Na maioria das espécies, o fuste é solitário (Kissling *et al.* 2019), mas também se apresentam cespitosos (entouceirados), ocasionalmente trepadores e raramente ramificados. Quanto à superfície do estipe, ela pode ser lisa, coberta por fibras ou por espinhos, revestida pelas bainhas remanescentes das folhas e, em casos mais raros, revestidas de tricomas (DRANSFIELD *et al.* 2008; NOBLICK, 2019).

A inflorescência e infrutescência das palmeiras se desenvolvem na axila de uma folha e frequentemente são grandes. As inflorescências, na antese, apresentam-se em forma de panícula, com um eixo principal dividido em pedúnculo, isto é, porção não ramificada e ráquis com inúmeras ráquias. Quando há uma só bráctea e essa é lenhosa, com a característica em forma de canoa, então é designada com o nome de cimba (JOLY, 1975).

Uma gama de caracteres morfológicos está associada a cada tipo de inflorescência com o propósito de atrair polinizadores diversos, dentre esses se destacam os besouros, abelhas. Deve-se notar que embora as abelhas ou besouros podem ser designados como principais polinizadores, muitos insetos visitam as inflorescências das palmeiras, realizando várias funções (DRANSFIELD *et al.* 2008).

A flor de palmeira pode ser séssil ou ter um pedúnculo curto, carregando uma (raramente duas) bractéola. E com predominância de flores pistiladas rodeadas por duas flores estaminadas na porção basal, até a região mediada das ráquias. Nas pontas, ocorre a predominância das

estaminadas em protandria. Outros arranjos florais também estão presentes entre gêneros e espécies de palmeiras, destacando-se as díades de variadas combinações (BAKER *et al.* 1999; DRANSFIELD, 1970).

Os frutos das palmeiras muito apreciados pela avifauna, em geral são secos ou carnosos e indeiscentes, geralmente chamados de cocos ou butiás. Apresentam cores variadas e predominantemente dispostos em infrutescências. A maioria dos frutos apresenta-se como drupa e, raramente, como baga. E contém somente um pirênio com uma ou mais sementes (ALMEIDA, 2018; SOUZA & LORENZI, 2019).

Os pirênios e as sementes das palmeiras apresentam-se em uma ampla variedade de tamanhos, formas, coloração e aspecto superficial. Eles são geralmente ovoides, elipsoidais ou de formato globoso com endocarpo pétreo e endosperma interno. Apresentam três poros germinativos localizados na região basal ou equatorial. A semente é constituída geralmente pelo embrião, um tecido de reserva nutritivo e um envoltório protetor denominado de tegumento ou casca. (MOURA *et al.* 2010; RAVEN, 2007; TOMLINSON, 2006).

A germinação de sementes das palmeiras depende de muitos fatores intrínsecos e extrínsecos. Entre os fatores intrínsecos que influenciam a germinação estão: a maturação fisiológica, dormência física e química. Os fatores extrínsecos como água, clima, substratos, infestação por larvas de insetos também podem influenciar a germinação diretamente, frequentemente tornando-a lenta, irregular e de baixa porcentagem (FERREIRA *et al.* 2010; PIVETTA *et al.* 2005).

Considerando que as espécies de Arecaceae estão em situação precária de preservação, justifica-se esse estudo pela necessidade de realizar levantamento de dados biogeográficos para formular novas hipóteses, a fim de garantir sua preservação. Nesse estudo de revisão bibliográfica, focado especialmente em *B. odorata*, *S. romanzoffiana* e no <sup>x</sup> *B. nabonnandii*, sugere-se que a ação antropogênica é a principal causadora de distúrbios que ameaçam as espécies abordadas, seja por uso na indústria alimentícia, sejam fatores culturais ou pela destruição do habitat natural para fins agropastoris (RICKLEFS & RENNER, 2012).

Diante desse contexto, o presente trabalho teve por objetivo analisar publicações científicas sobre o estado atual e a preservação da Arecaceae, por meio de um estudo de caso

bem-sucedido de hibridização da palmeira <sup>x</sup> *B. nabonnandii*, na busca de alternativas viáveis à manutenção das palmeiras e ao atendimento das demandas do mercado. Uma alternativa aqui proposta é a utilização de organismos híbridos para finalidades comerciais e, principalmente, implementar planos de preservação às populações de palmeiras nativas.

### 3.2 METODOLOGIA

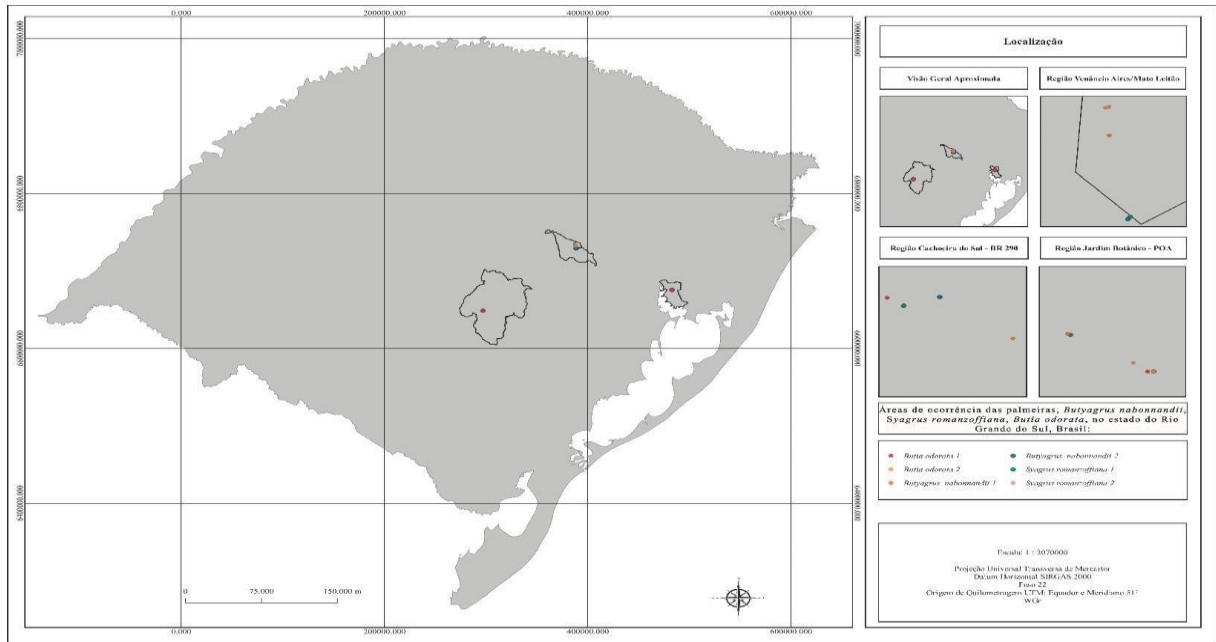
Esse trabalho de revisão bibliográfica, que se desenvolveu no período de junho de 2019 a março de 2021, envolveu obras de 1970 a 2021. Nessa pesquisa exploratória é importante enfatizar a importância da interpretação e das opiniões relatadas pelos pesquisadores sobre o tema de estudo, de modo a integrar obras e pesquisadores, proporcionando uma fundamentação teórica para embasar uma discussão do tema proposto sobre o assunto (COGO *et al.* 2020).

Foram feitas buscas nos idiomas inglês, português, francês e espanhol, devido estes concentrarem relevantes pesquisas, em bases de dados como *Google Scholar*; *PubMed*; *Research Gate*; *SciELO*.; *Web of Science*. Também analisamos monografias, dissertações, teses, livros, documentos de órgãos oficiais e grupos de pesquisa (e.g. Ministério do Meio Ambiente, *International Union for Conservation of Nature – IUCN*, *The International Palm Society*, *Global Strategy for Plant Conservation- GSPC*) que abordassem as questões de preservação da família *Arecaceae*, de *B. odorata*, *S. romanzoffiana* e <sup>x</sup>*B. nabonnandii*.

Outra fonte de pesquisa foi *PalmWEB*, por tratar-se de uma enciclopédia de palmeiras curada pelo *Royal Botanic Gardens Kew*, *Botanischer Garten & Botanisches Museum Berlin* e *AARHUS University*. Foram compilados dados biogeográficos, de ecologia evolutiva e de variabilidade genética, a fim de construir um artigo com bases sólidas para ressaltar a importância da conservação das espécies abordadas, bem como da indispensável realização de estudos de variabilidades genéticas das mesmas.

Em junho de 2019, e com o objetivo de completar as informações obtidas na literatura, foram realizadas avaliações com levantamento de dados presentes nas fichas catalográficas das coleções científicas da *Arecaceae*. E o fizemos em saídas a campo, visitando os acervos em exsicatas nos herbários, Prof. Dr. Alarich Schultz (HAS) do Museu de Ciências Naturais/Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul e no Instituto de Ciências Naturais (ICN) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Em maio de 2020, com informações prévias de ocorrência de populações naturais de palmeiras, foram realizadas expedições de campo nos municípios de Venâncio Aires; Porto Alegre e Cachoeira do Sul, no Sul do Brasil (RS), entre as coordenadas geográficas (29° 36' 22" Sul, 52° 11' 40" Oeste; 30° 1' 40" Sul, 51° 13' 43" Oeste e 30° 02' 21" Sul 52° 53' 38" Oeste). Nessas observações *in situ* foram identificados indivíduos adultos de *S. romanzoffiana*, *B. odorata* e <sup>x</sup>*B. nabonnandii* (Figura 1).



**Figura 1.** Mapa de distribuição natural das palmeiras observadas nos municípios de ocorrência.  
**Fonte:** autores (2021)

### 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.3.1 Estado atual e preservação da Arecaceae

As palmeiras produzem frutos durante a maior parte do ano e, portanto, são espécies fundamentais como fonte de alimento para uma grande variedade de frugívoros (GALETTI *et al.* 2006; HENDERSON, 2002; PIMENTEL & TABARELLI, 2004; TERBORGH, 1986). Neste contexto, e com ênfase no papel fundamental das Arecaceae, medidas colaborativas de conservação das espécies são muito importantes, haja vista as constantes ameaças à diversidade vegetal e principalmente devido à perda de seus habitats naturais pela expansão do setor primário (LEZAMA *et al.* 2011).

A Biodiversidade brasileira como sinônimo de patrimônio genético nacional está salvaguardada pela Lei Federal nº 13.123/2015 (Brasil, 2015) que tem por objetivo regular as atividades de pesquisa e desenvolvimento com o patrimônio genético de espécies da biodiversidade brasileira e dos conhecimentos tradicionais a ela associados, de modo a promover o seu uso sustentável e a repartição justa e equitativa dos benefícios decorrentes dessas atividades (Instituto Escolhas, 2021). Atualmente, há outra grande causa de perda da diversidade das palmeiras que é a disseminação de espécies exóticas invasoras, principalmente por possuírem elevado potencial de dispersão, colonização e domínio dos ambientes invadidos (BFG, 2018; ZALBA & ZILLER, 2007).

Colaborando nesse sentido, o Centro Nacional de Conservação da Flora (CNCF, 2012) divulga as principais ameaças à biodiversidade das palmeiras, quais sejam: o extrativismo predatório, as atividades de pecuária, o desmatamento, a exploração econômica e as técnicas de manejo mal-empregadas. O extrativismo predatório ocorre quando todos os frutos são coletados das plantas para consumo ou venda. Tal ação, restringe a disponibilidade de alimento para a fauna local e a formação de bancos de sementes, que poderiam contribuir na sucessão da população (CNCF, 2012).

Quanto às atividades de pecuária, sem dúvida é preciso um estudo mais detalhado. O acesso dos bovinos, que acontece em razão da herbivoria e que conseqüentemente pisoteiam o solo, impede a regeneração e manutenção das matrizes de palmeiras (Adam *et al.* 2011). Quanto ao desmatamento irregular do habitat das palmeiras é prática frequente pelos agricultores, os quais recorrem às queimadas para limpeza das áreas e cultivo de novas safras (BFG, 2018, FREIRE *et al.* 2013; OLIVEIRA *et al.* 2007; RIVAS & BARBIERI, 2014).

No que diz respeito à preservação das populações das espécies desta família, a prática de conservação de vários indivíduos próximos é recomendada para que ocorra a polinização e a fertilização cruzada, uma vez que é difícil a ocorrência de sincronia entre as fenofases masculinas e femininas em uma mesma planta. E essa dificuldade de ocorrência favoreceria a xenogamia (ráquias emasculadas, isoladas e flores polinizadas com grãos de pólen provenientes de outros indivíduos) (BARBOSA *et al.* 2020).

No tocante às palmeiras, há muito tempo estão sendo investigadas pela ciência. A Sociedade Internacional das Palmeiras ([www.palms.org](http://www.palms.org)) é um periódico revisado por pares fundado em 1956. Dedicar-se a estudos sobre preservação de palmeiras, impactos econômicos e culturais ao redor do globo, bem como usos sustentáveis e outros temas. As Listas de espécies da flora ameaçada como a União Internacional para Conservação da Natureza (*International Union for Conservation of Nature*– IUCN (CNCF, 2012); lista de espécies da flora ameaçada do estado do Rio Grande do Sul (MMA, 2014), entre outras, também estão dentro da força tarefa que fornece subsídios para avaliação de estados de conservação das espécies vegetais (BARBIERI *et al.* 2015).

E justamente todos esses atributos contribuíram para elevar a Arecaceae a um patamar econômico superior, colocando-a entre as mais importantes do mundo (CÁMARA-LERET *et al.* 2017; COUVREUR & BAKER, 2013; KISSLING, 2017; ONSTEIN *et al.* 2017; RICHARDSON & PENNINGTON, 2016). No entanto, estudos com esse grupo de plantas, que efetivamente forneçam dados de características funcionais em amplas escalas espaciais, ainda permanecem escassos (CÁMARA-LERET *et al.* 2017; ONSTEIN *et al.* 2017).

### 3.3.2 Características botânicas do *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassm.

O gênero *Syagrus* pertencente a Arecaceae é endêmico da América do Sul, desde o Leste da Colômbia até a Guiana Francesa, Sul do Uruguai e Norte da Argentina, constituído por 42 espécies e oito híbridos naturais (Lorenzi *et al.* 2010). Dentro desse gênero, o *S. romanzoffiana*, é uma espécie nativa, conhecida popularmente como "jerivá" com sinonímias botânicas diversas (LORENZI, 2004; LORENZI *et al.* 1996; BEGNINI, 2008), é cultivada como ornamental, ocorrendo no Nordeste (Bahia), Centro-Oeste (Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso do Sul), Sudeste (Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo), Sul (Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina) (Soares, 2020). Esta espécie ocorre também no Uruguai, Paraguai e Argentina (LEITMAN *et al.*, 2012).

O *S. romanzoffiana* é uma palmeira de hábito solitário e tem características perenes, heliófita, seletiva higrófila, estipe isolado e cilíndrico que pode atingir de 10 a 20 m de altura e 30 a 50 cm de diâmetro (LORENZI, 2004). Suas folhas são pinadas, de aspecto plumoso, formando uma coroa no ápice do estipe com folíolos agrupados, pêndulos e nervura central da folha medindo aproximadamente 170–440 cm de comprimento, na cor verde-escuras brilhantes. O padrão de emissão de folhas, na maioria das palmeiras, está intimamente associado ao surgimento de estruturas reprodutivas, pois estas são originadas nas axilas das folhas (ADAM *et al.* 2011; NADOT *et al.* 2016).

A espécie é monoica, de reprodução exclusivamente sexuada, com inflorescências interfoliares de até 1,5 m comprimento e nascem dentro de brácteas lenhosas e fissuradas. As brácteas abrem-se em inflorescências pendentes de cor creme amarelado, ramificadas, de 80 a 150 cm de comprimento. Quando a bráctea se abre em forma de inflorescência, surgem milhares flores unissexuais de botões florais e flores estaminadas de cor amareladas, dispostas numa panícula com raque de 40 a 60 cm de comprimento, com cerca de 70 a 300 ráquulas. Cada ráquila pode conter de 60 a 120 flores unissexuais, sendo que uma pistilada é distribuída entre duas estaminadas, formando uma tríade. As tríades estão localizadas, geralmente, na porção basal até a mediada das ráquulas. A porção superior das ráquulas é formada de flores estaminadas (LORENZI *et al.* 2010; NOBLICK, 2019).

A espécie é pronunciadamente protândrica, com flores estaminadas em antese antes das flores pistiladas (ROCHA, 2009). A protandria das suas flores lhe confere a necessidade de polinização cruzada com inflorescências de outros indivíduos e, até mesmo, com outras inflorescências da mesma planta. Salienta-se que tal característica é definida pelo

amadurecimento das flores masculinas, o que ocorre antes da abertura das flores femininas, dificultando a autopolinização (BESKOW, 2012).

A polinização entomófila predomina e é realizada principalmente por abelhas (Hymenoptera) e besouros (Coleoptera), com possibilidade de ocorrer a fertilização também de forma anemófila. Devido à profusão de grãos de pólen produzidos nas inflorescências, é importante na atividade apícola. A espécie é utilizada na alimentação humana como planta medicinal e ornamental em ecossistemas de Floresta Ombrófila Mista (CARVALHO, 2006).

O período de floração, com a abertura das brácteas pedunculares, inflorescências e a maturação dos frutos, ocorre quase o ano todo. No entanto, mais notadamente entre os meses de outubro a fevereiro. Seus frutos servem de alimento para vários vertebrados, entre os quais: pequenos roedores, esquilos, cutias, pacas, quatis, cracídeos, queixadas, macacos e antas (Galetti *et al.* 1992; Giombini *et al.* 2009; Lorenzi, 2004), oferecendo assim, um recurso fundamental para numerosos frugívoros durante os períodos de escassez de frutos (GENINI *et al.* 2009; GIOMBINI *et al.* 2016; KEUROGHLIAN & EATON, 2008).

O *S. romanzoffiana*, em face das características morfológicas e adaptabilidade a diferentes ecossistemas, é frequentemente encontrada nas matas ciliares, nas capoeiras e áreas recém abandonadas, demonstrando tratar-se de uma espécie pioneira com utilização em revegetação de áreas degradadas de forma ativa ou passiva (LAINDORF *et al.* 2020).

Os frutos estão dispostos em infrutescências e exibem coloração que varia do amarelo claro ao laranja (quando totalmente maduros), a polpa é fibrosa, carnosa, mucilagínosa e de sabor adocicado, com registro de grandes quantidades de sementes viáveis (Crepaldi *et al.* 2001).

São lisos do tipo drupa, ovoides ou globosos, com uma única semente, chamados de coquinhos, protegida por um endocarpo lenhoso que mede em torno de 2,4 por 1,6 cm (LORENZI, 2002, 2004; ZIMMERAN *et al.* 2001). Os frutos assim obtidos podem ser diretamente utilizados na semeadura, não havendo necessidade de despulpá-los. A emergência das primeiras folhas é lenta, podendo demorar de 3 a 5 meses e a taxa de germinação é superior a 60%. O desenvolvimento da planta, em ambiente natural, é moderado (LORENZI, 2004).

De acordo com o Guia para as Palmeiras do Nordeste do Brasil (Noblick, 2019), a hibridização entre espécies de *Syagrus*, aparentemente não é uma ocorrência incomum em habitats naturais, onde algumas espécies crescem juntas (GLASSMAN, 1970). (GLASSMAN, 1987; HODEL, 2011; LEITMAN *et al.* 2012; LORENZI *et al.* 2010).

### 3.3.3 Características botânicas e aspectos biogeográficos do *Butia odorata* (Barb.Rodr.) Noblick

O *Butia odorata* (Barb.Rodr.) Noblick caracteriza-se, em Arecaceae, por apresentar disposição ascendente dos folíolos, formando uma letra “V” (em corte transversal) e pela presença de poros na região equatorial no endocarpo (MARCATO, 2004). Popularmente, as 21 espécies identificadas desse gênero são denominadas de butiazeiros e seus frutos chamados de butiás (ESLABAO *et al.* 2020). O *Butia* tem distribuição geográfica na América do Sul, com larga presença no território nacional e no Uruguai, no Paraguai e na região fronteira da Argentina. No Rio Grande do Sul, Brasil, é frequentemente encontrado nos campos, restingas, margens das estradas e quintais de residências (LORENZI *et al.* 2010; SOARES *et al.* 2013). Em 2010, houve uma ampla revisão da taxonomia do gênero *Butia* (Noblick, 2011). A espécie nativa que ocorre no Bioma Pampa, que até então era citada como *Butia capitata* (Mart. Becc.) passou a ser designada de *Butia odorata* (Barb. Rodr.) Noblick. Em 2010, foi descrita a presença *B. odorata* na metade sul do Rio Grande do Sul, especialmente no quadrante sudeste. A denominação *B. capitata* ficou restrita a uma espécie que ocorre no Cerrado brasileiro (LORENZI *et al.* 2010).

Quando à preservação das espécies de *Butia*, pela expansão não planejada de áreas agrícolas e urbanas, estão seriamente ameaçadas. Consequentemente, butiazais extensos são cada vez mais raros (BARBIERI *et al.* 2015). Existem outras características, além dos fatores antrópicos, que dificultam a multiplicação e estabelecimento dos indivíduos dessa espécie no ambiente. A propagação do gênero *Butia* ocorre unicamente por sementes (coquinhos ou diásporos). Além disso, a germinação geralmente é lenta e desuniforme, o que dificulta a produção de mudas em larga escala (BROSCHAT, 1998; HOFFMANN *et al.* 2014).

O butiazeiro *B. odorata*, espécie estudada, é uma palmeira ocorrente na zona da Planície Costeira - desde o Estado do Rio Grande do Sul, no Brasil, até Rocha, no Uruguai. A espécie tem se destacado por seu valor ecossistêmico e potencial econômico. Os autores (BROSCHAT, 1998; HOFFMANN *et al.* 2014) relataram que em um levantamento etnobotânico, realizado no sul do Brasil, os agricultores reconhecem grande variabilidade nos frutos do butiá em relação ao tamanho, sabor, cor, deiscência e acidez. (BÜTTOW *et al.* 2009).

Os frutos são consumidos *in natura* ou processados na utilização de produtos em diferentes setores da indústria, seja alimentícia, artesanato, farmacêutica ou cosmética. (ESLABÃO *et al.* 2020; LORENZI *et al.* 2010; RIVAS & BARBIERI, 2014; RIVAS & BARBIERI, 2018; SOARES *et al.* 2014).



No Brasil, existem três bancos ativos de germoplasma que realizam a conservação *ex situ* de acessos de *B. odorata*. A Embrapa Clima Temperado, em Pelotas (RS), mantém um banco ativo de germoplasma de frutos nativos do sul do Brasil onde entre outras espécies, constam acessos de butiá (*Butia* spp.) coletados no Rio Grande do Sul. Outro banco ativo de germoplasma de *B. odorata* é mantido pela Universidade Federal de Pelotas, em Pelotas (RS) e mais um, de responsabilidade da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO), em Viamão (RS) (RIVAS & BARBIERI, 2018).

Na caracterização do *B. odorata*, o estipe único de 2–12 m de altura, 32–60 cm diâmetro, recoberto pelas bainhas remanescentes e imbricadas dos pseudopécíolos confere estrutura peculiar aos butiás (LORENZI *et al.* 2010). Geralmente, a raque da folha é fortemente arqueada, com folhas de cor azulado-prateado e pecíolos armados com fibras ou dentes endurecidos e tem bráctea peduncular lisa, quase lisa ou levemente estriada. Os frutos de *B. odorata* variam muito na cor (verde, amarelo, vermelho, laranja e roxo). O endocarpo geralmente contém um pirênio com três poros localizados ligeiramente acima da base do endocarpo, região equatorial, em vez de basal como em *S. romanzoffiana*. O mesocarpo é suculento e carnosos, e não fibroso ou polposos como em *Syagrus romanzoffiana* (LORENZI *et al.* 2010; RIVAS & BARBIERI, 2014).

A espécie é monoica, com flores estaminadas e pistiladas na mesma inflorescência, facilitando a alogamia. Este processo de polinização cruzada acrescenta variabilidade entre progênies e suas matrizes de origem (BROSCHAT, 1998; CARPENTER, 1988; FONSECA & MAGALHAES, 2014). Há presença de bráctea peduncular com ápice agudo; endocarpo 1,3–2,2 × 1,3–2 cm, globoso a ligeiramente ovoide (Soares *et al.* 2014). Floresce e frutifica com mais intensidade durante os meses de outubro a fevereiro (LORENZI, 2004).

O comprimento da raque das inflorescências varia de 90 a 146 cm, contendo de 78 a 158 ráquulas, sendo as ráquulas basais mais longas do que as apicais. As flores são unissexuais e as ráquulas apresentam menor quantidade de flores pistiladas do que estaminadas. A distribuição das flores estaminadas se dá ao longo de toda a ráquulas, com predominância do meio para o ápice. Em contrapartida, as flores pistiladas estão presentes da base até a porção mediana da ráquula, formando tríades onde cada flor pistilada é ladeada por duas flores estaminadas (FONSECA & MAGALHAES, 2014; MOREL, 2006).

Na produção de mudas, o procedimento mais aconselhável é coletar os frutos (butiás) maduros e realizar o despoldamento. Logo após colocá-los para germinação em canteiros ou em recipientes individuais contendo substrato orgânico arenoso e mantidos em ambiente semi-sombreados. A emergência da plântula demora de 3-6 meses, com aproximadamente 50% de

germinação. O desenvolvimento da planta em ambiente natural é bastante lento (LORENZI, 2004).

Assim, a geração de informações relacionadas pelos estudos da fenologia, da evolução das populações, bem como a variabilidade genética do *B. odorata*, de acordo com (BARBIERI *et al.* 2014), são fatores que podem colaborar para estabelecer novas estratégias de conservação *in situ* e *ex situ* no uso sustentável dessa espécie.

### 3.3.4 Hibridização induzida entre *B. odorata* e *S. romanzoffiana*

Segundo a literatura científica, as palmeiras aceitam bem o cruzamento interespecífico e podem gerar híbridos naturais (SOARES *et al.* 2014). Já o cruzamento intergêneros embora ocorra naturalmente, não é tão frequente, pois a probabilidade de gerar descendentes é muito menor por conta da maior distância filogenética imposta pela barreira dos gêneros (YAMAGISHI-COSTA & FORNI-MARTINS, 2009). O cruzamento de *B. odorata* com *S. romanzoffiana* originando o  $\times B. nabonnandii$  é um exemplo de hibridização espontânea intergênero (SOARES *et al.* 2014). Da mesma forma espontaneamente o  $\times B. alegretensis$ , se origina do cruzamento entre *B. lallemantii* e *S. romanzoffiana* (ROSSATO, 2007; SOARES *et al.* 2014).

Nesse sentido, a polinização manual de palmeiras é uma estratégia promissora para a produção de mudas em escala comercial de híbridos e, com isso, ajudar na sua preservação (ARNOLD, 1997; KINGSBURY, 2010). Dessa forma, técnicas visando ao aumento do sucesso na hibridização induzida intergêneros como por exemplo entre o *B. odorata* e *S. romanzoffiana*, tornam-se importantes para subsidiar o desenvolvimento de programas de melhoramento genético, e com isso, originar organismos com características morfológicas interessantes do ponto de vista ecológico, paisagístico e comercial (RIOS *et al.* 2012).

Seguindo técnicas descritas por (BARROS *et al.* 2009), nos processos de hibridização entre o *B. odorata* e *S. romanzoffiana* para produção de frutos híbridos, as ráquulas das inflorescências do *B. odorata* são cuidadosamente emasculadas e protegidas com sacos confeccionados manualmente de tecido de polipropileno, próprios para esse tipo de trabalho, antes da antese feminina. Durante esta fase, ráquulas de *S. romanzoffiana* em antese masculina são cortadas e cuidadosamente inseridas nos sacos com flores femininas receptivas do *B. odorata*, tomando-se cuidado de amarrá-los. Após dez dias do procedimento remove-se as ráquulas do *S. romanzoffiana* (Figura 2).



**Figura 2.** *S. romanzoffiana* – **A.** Hábito; **B.** Ráquila com grãos de pólen. *B. odorata*; **C.** Hábito; **D.** Inflorescência; **E.** Hibridização manual; **F.** Frutos da hibridização.  
**Fonte:** autores (2021).

Assim, a produção de híbridos interespecíficos e intergêneros abre uma nova perspectiva no melhoramento genético para as espécies de cunho alimentar, ornamental e comercial (CHEN & MII, 2012; DENG *et al.* 2011). Dentro desta perspectiva, a hibridização induzida pode também potencializar a adaptabilidade das espécies, quando os organismos híbridos fixados em um ambiente não ameçarem suas espécies parentais, seus táxons podem auxiliar na conservação, e seu germoplasma único, potencialmente poderá contribuir para a capacidade genética e adaptativa das mesmas (BOHLING, 2016; SHANG & YAN, 2017).

### 3.3.5 Características botânicas e aspectos biogeográficos do $\times$ *Butyagrus nabonnandii* (Prosch.) Vorste

O nome *Butyagrus* surgiu em 1990 (VORSTER, 1990). O *Butyagrus* foi batizado por (PROSCHOWSKY, 1921) em homenagem a um horticultor francês que havia cruzado artificialmente as espécies *B. odorata* e *S. romanzoffiana*. Esse híbrido ocorre naturalmente nas áreas onde as duas espécies crescem juntas (SOARES *et al.* 2014). São considerados palmeiras-mula por serem estéreis, uma vez que não há registro de germinação de suas sementes (RIFFLE *et al.* 2012; SOARES *et al.* 2014). O híbrido *B. nabonnandii* tem origem entre o cruzamento de *B. odorata* e *S. romanzoffiana*. Também foram encontrados híbridos intergêneros naturais no município de Alegrete (RS),  $\times$  *B. alegretensis* K. Soares (*B. lallemantii* cruzado com *S. romanzoffiana*), que ocorrem naturalmente no Sul do Brasil até o Uruguai (ELLIOTT *et al.* 2016; SOARES *et al.* 2014).

De acordo com (Soares *et al.* 2014) a espécie apresenta estipe  $4-10 \times 0,4-0,5$  m, com aspecto diferencial no caule em relação ao *Butia* e *Syagrus*, considerada a textura variável, entretanto, com característica marcante devido à presença das bainhas remanescentes em forma de escamas aderidas ao caule. As folhas são pinadas, 12–25 contemporâneas; bainha semi persistente, ca. 140 cm comprimento; pseudopecíolo com dentes pouco pronunciados na sua margem, geralmente apenas fibras engrossadas; raque pouco curvada, 2,3–3,3 m compr., com 100–130 pares de pinas; pinas da parte mediana da raque  $80-110 \times 2,5-3,0$  cm, verdes e brilhantes. Inflorescências interfoliares; pedúnculo até 80 cm compr.; bráctea peduncular sulcada, parte expandida  $100-160 \times 14-17$  cm; eixo da inflorescência 95–150 cm compr., com 90–130 ráquulas de 30–80 cm compr. Flores amarelas; pistiladas 5–7 cm compr.; estaminadas 5–6 mm compr. Frutos ovoides ou globosos,  $1,5-2,5 \times 2,0-2,6$  cm; endocarpo lignificado, com cavidade interna irregular, contendo 1–2 sementes.

A ocorrência de híbridos intergêneros naturais é pouco estudada no gênero, assim como a ocorrência de híbridos interespecíficos. Tais fenômenos precisam ser entendidos, visto que possuem implicações diretas com o manejo de coleções *ex situ* de germoplasma (PEREIRA *et al.* 2015b). Assim, é imprescindível que se façam estudos aprofundados sobre os *Butyagrus*, haja vista que tais conhecimentos geram implicações no manejo, nas ações de coleta, na conservação e na comercialização (LAINDORF *et al.* 2020; PEREIRA *et al.* 2015a).

### 3.3.6 Variabilidade genética na Arecaceae

Muitas vezes, o cariótipo de uma espécie reflete um caráter de importância sistemática. Números cromossomos similares podem indicar relações de parentesco próximos e, quando distintos, podem favorecer o isolamento reprodutivo e gerar híbridos com pouca fertilidade (JUDD *et al.* 2009). Estudos confiáveis de cariotipagem mostram claramente que os números dos cromossomos nas palmas variam de  $2n = 26-36$ . O cariograma registrado para as espécies estudadas nesse trabalho, *B. odorata* e *S. romanzoffiana* é  $2n = 32$  (DRANSFIELD *et al.* 2008).

As plantas possuem três genomas, a saber: do núcleo, dos plastídeos e das mitocôndrias. Esses ácidos desoxirribonucleicos (DNA) possuem diferentes qualidades, que afetam diretamente a praticidade técnica de estudá-los em laboratório, afetando também a quantidade de informações que eles podem fornecer para estudos filogenéticos (YAMAGISHI-COSTA & FORNI-MARTINS, 2009). O DNA nuclear, por exemplo, é o maior de todos e o que evolui mais rapidamente, além de apresentar maiores taxas de variações por comprimento de fita. (LEWIS & DOYLE, 2002).

O DNA do plastídeo, por outro lado, encontra-se em abundância, pois cada célula possui várias dessas organelas. Por isso, esse DNA é muito utilizado para estudos de filogenia. Isso possibilita a realização de diversos estudos comparativos, facilitando escolhas informadas de regiões apropriadas para o delineamento de uma pesquisa (CUENCA & ASMUSSEN-LANGE, 2007).

O DNA mitocondrial de uma célula vegetal também é expressivo. Mas, apesar disso, é o menos utilizado para estudos filogenéticos. E a principal razão é que a mitocôndria apresenta mudanças substanciais na estrutura, função, tamanho e configuração de seu genoma, o que dificulta a construção de uma filogenia precisa (PETERSEN *et al.* 2006).

As populações de plantas estão seriamente ameaçadas pela perturbação antropogênica do habitat (GOMES *et al.* 2019). Processos naturais de fragmentação de habitat têm sido intensificados pela ação do homem, principalmente por conta da agricultura intensiva e conversão de áreas para pastagem, o que gera mosaicos de fragmentos da vegetação original, com matrizes altamente transformadas (ARROYO-RODRÍGUEZ *et al.* 2007; RAMBALDI & OLIVEIRA, 2003).

Da mesma forma a fragmentação dos ecossistemas afeta processos ecológicos e genéticos por alterar taxas de derivação genética, endogamia e seleção natural em fragmentos isolados de populações remanescentes (COUVET, 2002; LOWE *et al.* 2005; RAMBALDI & OLIVEIRA, 2003). Como consequência, a defaunação pode interromper os mutualismos de dispersores de plantas, reduzindo os níveis de fluxo gênico mediado por semente, bem como a variação genética em plantas dispersas por animais (MARIANO I. GIOMBINI *et al.* 2016).

O cruzamento entre parentes e a autofecundação também podem se tornar mais frequentes em populações menores, promovendo a homozigose e a depressão por endogamia (GIOMBINI *et al.* 2016). Elucidar as causas e consequências das mudanças, nos padrões de fluxo gênico das plantas, é crucial para definir as ações de conservação.

Dessa forma, estudos da diversidade genética de uma espécie são essenciais para compreender suas características morfofisiológicas adaptadas às condições ecológicas. E, com isso, entender como ocorre as delimitações de agrupamentos, evolução e composição de populações (LAINDORF *et al.* 2020). Assim, esses fatores são fundamentais para o estabelecimento de estratégias de conservação e determinação de áreas prioritárias de alta diversidade genética (TORGGLER *et al.* 1995; VINSON *et al.* 2015; YEEH *et al.* 1996).

Segundo Blair & Ané (2020), estudos mais amplos, não só com relação ao cariótipo, sequenciamento genético, morfologia e biologia reprodutiva como também distribuição geográfica detalhada das espécies e influência de condições ambientais, como variações de

temperatura, regimes de chuva e até mesmo predadores e perturbações de habitat causadas por interferência humana seriam fundamentais para que se pudesse compreender a origem e delimitação taxonômica das espécies do gênero.

Para o *S. romanzoffiana*, existem alguns estudos sobre variabilidade genética nos quais foram analisadas amostras foliares entre indivíduos adultos. O DNA isolado e amplificado em PCR (LAINDORF *et al.* 2020), mostraram que as populações dessa espécie de palmeira apresentam níveis moderados de alelos em heretozigose. A baixa taxa de heterozigose em populações é prejudicial porque as torna vulneráveis às mudanças ambientais, limitando a capacidade de responder às adaptações (AVISE *et al.* 1992).

Quanto aos recursos genéticos do *B. odorata*, existe grande variabilidade de características tais, como: ciclo reprodutivo, número, cor e tamanho das inflorescências e dos frutos. Há variação dos sabores e quantidade de fibras dos frutos, bem como no tamanho e estrutura do estipe (BARBIERI *et al.* 2015; MOURA *et al.* 2010; PIZZANELLI & XAVIER, 2013; RIVAS & BARILANI, 2004; ROSSATO, 2007; SCHWARTZ *et al.* 2010).

Nesse sentido, estudos de variabilidade genética em palmeiras se fazem necessários, uma vez que o crescimento da população humana, demandas de mercado e fatores culturais são constantes. A escassez de levantamento de dados para *B. odorata* e *S. romanzoffiana* é preocupante nesse cenário, visto que ambas as espécies sofrem com perda de *habitat*, extrativismo predatório e outros fatores em comum com as palmeiras supracitadas que estão em processo de perda da diversidade genética.

Uma vez que a ação antropológica é um dos principais fatores que levam à perda de habitat e diversidade das palmeiras, precisamos o quanto antes de dados de diversidade genética para nossas populações de *B. odorata* e *S. romanzoffiana* e do híbrido <sup>x</sup> *B. nabonnandii*. Assim, poderemos verificar a necessidade da implementação de programas de manejo da reprodução, a fim de criar estratégias para a preservação do patrimônio genético dessas espécies.

### 3.4 CONCLUSÃO

A flora silvestre brasileira como patrimônio genético nacional apresenta excelente potencial para exploração nos mais diversos setores da sociedade como: agrícola, paisagística, artesanal, cosméticos e alimentar (INSTITUTO ESCOLHAS, 2021). Muitas espécies nativas têm sido exploradas visando a oferecer alternativas de novos produtos ao mercado e ao mesmo tempo explorar genótipos ambientalmente adaptados (FIOR, 2011).

Nesse contexto, os serviços ecossistêmicos baseados nos princípios da Convenção sobre Diversidade Biológica postulam a conservação da biodiversidade como uma preocupação comum à humanidade. As palmeiras estão na rota desse extrativismo indiscriminado e, mais especificamente no caso dos butiazais, seu uso com sustentabilidade social econômica é fundamental para a sua própria conservação enquanto ecossistema (RIVAS & BARBIERI, 2014). No campo da apicultura, (WOLFF, 2018) aborda com muita propriedade a potencialidade dos butiazeiros, como flora apícola para manutenção de enxames e produção de mel na região Sul, evidenciando, assim, o papel sociocultural dessas espécies nativas ao homem e ao meio ambiente.

A valorização e a apropriação do patrimônio genético silvestre e do conhecimento tradicional associado (INSTITUTO ESCOLHAS, 2021) são requisitos para o desenvolvimento econômico e social brasileiro. O domínio sobre aspectos reprodutivos, genéticos, ambientais e o conhecimento do potencial das espécies da flora nativa contribui para o desenvolvimento de sistemas de uso sustentável de plantas, inclusive para a contenção dos processos de extinção de germoplasma. Por esses motivos, o desenvolvimento de pesquisa científica associada às práticas tradicionais torna-se uma importante ferramenta para o uso sustentável de plantas, oferecendo alternativas promissoras de oferta de novas metodologias de propagação de mudas e produtos advindos dessas espécies de ocorrência natural (FIOR, 2011).

Produzir híbridos intergêneros entre palmeiras é uma alternativa promissora. Dessa forma, a hibridização induzida entre o *B. odorata* e *S. romanzoffiana* é importante para subsidiar o desenvolvimento de programas de melhoramento genético. Nesse contexto, destaca-se a importância da hibridação entre essas duas espécies de palmeiras que reúnam características favoráveis dos indivíduos parentais para gerar um híbrido (F1) que supere os genitores em termos de precocidade, produção de frutos, fibras, maior potencial paisagístico, de compensação e de reflorestamento.

Assim, o desenvolvimento de novas metodologias para a hibridização das palmeiras, formando indivíduos como *Butyagrus*, torna-se essencial por dois motivos: primeiro, porque o organismo híbrido pode reunir características favoráveis das gerações parentais ao consumo e demandas de mercado; e segundo, porque o organismo híbrido quase sempre é estéril (SOARES *et al.* 2014). Portanto, todos os seus frutos podem ser coletados sem que isso prejudique a reprodução e cause perdas de variabilidade genética nas populações das espécies parentais.

Dessa forma, a hibridização induzida das palmeiras pode ser uma alternativa para a produção de alimentos de maneira ecologicamente viável, bem como a oferta de indivíduos

mais resistentes às condições ambientais adversas, favorecendo a comercialização sustentável de mudas.

Em decorrência das informações disponibilizadas no texto, o delineamento de programas de ações priorizando à conservação *in situ* e *ex situ* somado a conhecimentos que contribuam nas pesquisas de melhoramento genético de espécies de interesse econômico e ambiental é de suma importância para paisagistas, viveiristas e produtores rurais produzirem suas mudas sem remover as espécies de seu habitat natural.

### 3.5 REFERÊNCIAS

- Adam, H., Collin, M., Richaud, F., Beulé, T., Cros, D., Omoré, A., Nodichao, L., Nouy, B., & Tregear, J. W. (2011). Environmental regulation of sex determination in oil palm: Current knowledge and insights from other species. *Annals of Botany*, *108*(8), 1529–1537. <https://doi.org/10.1093/aob/mcr151>
- Almeida, S. (2018). *Arecaceae Família*. <http://know.net/ciencterravida/biologia/arecaceae-familia>. Acesso em 26 de jan. de 2021.
- Arnold, M. L. (1997). *Natural Hybridization and Evolution (Oxford Series In Ecology & Evolution)* (O. U. Press (Ed.)).
- Arroyo-Rodríguez, V., Aguirre, A., Benítez-Malvido, J., & Mandujano, S. (2007). Impact of rain forest fragmentation on the population size of a structurally important palm species: *Astrocaryum mexicanum* at Los Tuxtlas, Mexico. *Biological Conservation*, *138*(1–2), 198–206. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2007.04.016>
- Awise, J. C., Bowen, B. W., Lamb, T., Meylan, A. B., & Bermingham, E. (1992). Mitochondrial DNA evolution at a turtle's pace: Evidence for low genetic variability and reduced microevolutionary rate in the Testudines. *Molecular Biology and Evolution*, *9*(3), 457–473. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.molbev.a040735>
- Baker, W. J., Dransfield, J., Harley, M. M., & Bruneau, A. (1999). Morphology and cladistic analysis of subfamily Calamoideae (Palmae). In *Evolution, variation and classification of palms* (pp. 307–324).
- Barbieri, R. L., Gomes, J. C. C., Alercia, A., & Padulosi, S. (2014). Agricultural biodiversity in southern Brazil: Integrating efforts for conservation and use of neglected and underutilized species. *Sustainability (Switzerland)*, *6*(2), 741–757. <https://doi.org/10.3390/su6020741>
- Barbieri, R., Marchi, M., Gomes, G., Barros, C., Mistura, C., Dornelles, J., Heiden, G., Beskow, G., Ramos, R., Vi-llela, J., Dutra, F., Costa, F., Júnior, E., Sampaio, L., Lanzetta, P., Rocha, P., Rocha, N., Pippo, M., Debeizes, J., & Rivas, M. (2015). *Vida no butiazal*. Embrapa Clima Temperado (CPACT).
- Barbosa, C. M., Maia, A. C. D., Martel, C., Ragueira, J. C. S., Navarro, D. M. do A. F., Raguso, R. A., Milet-Pinheiro, P., & Machado, I. C. (2020). Reproductive biology of *Syagrus coronata*



- (Arecaceae): sex-biased insect visitation and the unusual case of scent emission by peduncular bracts. *Plant Biology*. <https://doi.org/10.1111/plb.13162>
- Barros, L. de M., Cavalcanti, J. J. V., Paiva, J. R. de, & Crisóstomo, J. R. (2009). Hibridação de Caju. In *Hibridação Artificial de Plantas* (2nd ed., p. 625). Editora UFV.
- Beskow, G. T. (2012). *Avaliação de genótipos de butiazeiros (Butiaodorata Barb. Rodr.) Noblick & Lorenzi na região de Pelotas*. Universidade Federal de Pelotas.
- BFG. (2018). Brazilian Flora 2020 Innovation and collaboration to meet Target 1 of the Global Strategy for Plant Conservation (GSPC). *Rodriguesia*, 69(4), 513–1527. <https://doi.org/10.1590/2175-786020186940>
- Blair, C., & Ané, C. (2020). Phylogenetic Trees and Networks Can Serve as Powerful and Complementary Approaches for Analysis of Genomic Data. *Systematic Biology*, 69(3), 593–601. <https://doi.org/10.1093/sysbio/syz056>
- Bohling, J. H. (2016). Strategies to address the conservation threats posed by hybridization and genetic introgression. *Biological Conservation*, 203, 321–327. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.10.011>
- Brasil. (2015). *LEI Nº 13.123 DE 20 DE MAIO DE 2015*. [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2015/lei/113123.html](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/113123.html). Acesso em 22 de Out. de 2021.
- Broschat, T. K. (1998). Endocarp removal enhances *Butia capitata* (mart.) becc. (pindo palm) seed germination. *HortTechnology*, 8(4), 586–587. <https://doi.org/10.21273/horttech.8.4.586>
- Büttow, M. V., Barbieri, R. L., Neitzke, R. S., & Heiden, G. (2009). Conhecimento tradicional associado ao uso de butiás (*Butia* spp., Arecaceae) no sul do Brasil. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 31(4), 1069–1075. <https://doi.org/10.1590/s0100-29452009000400021>
- Cámara-Leret, R., Faurby, S., Macía, M. J., Balslev, H., Gödel, B., Svenning, J. C., Kissling, W. D., Rønsted, N., & Salsis-Lagoudakis, C. H. (2017). Fundamental species traits explain provisioning services of tropical American palms. *Nature Plants*, 3(January), 1–7. <https://doi.org/10.1038/nplants.2016.220>
- Carpenter, W. J. (1988). Seed after-ripening and temperature influence *Butia capitata* germination. *HortScience, Alexandria*, 23(4), 702–703.
- Carvalho, P. H. R. *Butia capitata* germination. *HortScience, Alexandria*, 23(4), 702–703.
- Carvalho, P. H. R. (2006). *Espécies arbóreas brasileiras*. Embrapa Informações Tecnológicas.
- Chen, Y. M., & Mii, M. (2012). Inter-sectional hybrids obtained from reciprocal crosses between *Begonia semperflorans* (section *Begonia*) and b. “*Orange rubra*” (section *gaerdita* × section *pritzelia*). *Breeding Science*, 62(2), 113–123. <https://doi.org/10.1270/jsbbs.62.113>
- CNCF. (2012). *Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2 Centro Nacional de Conservação da Flora*. <http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Butiamicrospadix>. Acesso em 22 de out. de 2021.

- Cogo, M. R. de M., Osorio, T. M., Santos, N. L. dos Bacega, A., & Souza, V. Q. de. (2020). O gênero *Butia* (Arecaceae) com ênfase nas espécies *Butia exilata* e *Butia lallemantii*: uma revisão. *Research, Society and Development*, 9(12), 1–13. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i12.10675>
- Couvet, D. (2002). Deleterious Effects of Restricted Gene Flow in Fragmented Populations. *Conservation Biology*, 16(2), 369–376. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1523-1739.2002.99518.x>
- Couvreur, T. L. P., & Baker, W. J. (2013). Tropical rain forest evolution: Palms as a model group. *BMC Biology*, 11(48), 2–5. <https://doi.org/10.1186/1741-7007-11-48>
- Crepaldi, I. C., Almeida-Muradian, L. B., Rios, M. D. G., Penteado, M. V. C., & Salatino, A. (2001). Composição nutricional do fruto de licuri (*Syagrus coronata* (Martius) Beccari). *Revista Brasileira de Botânica*, 24(2), 155–159. <https://doi.org/10.1590/s0100-84042001000200004>
- Cuenca, A., & Asmussen-lange, C. B. (2007). Phylogeny of the Palm Tribe Chamaedoreae (Arecaceae) Based on Plastid DNA Sequences. *Systematic Botany*, 32(2), 250–263.
- Deng, Y., Chen, S., Chen, F., Cheng, X., & Zhang, F. (2011). The embryo rescue derived intergeneric hybrid between chrysanthemum and *Ajaniaprzewalskii* shows enhanced cold tolerance. *Plant Cell Reports*, 30(12), 2177–2186. <https://doi.org/10.1007/s00299-011-1123-x>
- Dransfield, J. (1970). *Studies in the Malayan palms Eugeissona and Johannesteijsmannia*. University of Cambridge.
- Dransfield, J., Uhl, N. W., Asmussen, C. B., Baker, W. J., Harley, M. M., & Lewis, C. E. (2008). *Genera Palmarum The Evolution and Classification of Palms*. Royal Botanic Gardens, Kew. <https://doi.org/https://doi.org/10.34885/92>
- Elliott, M. L., Jardin, E. A. Des, Harmon, C. L., & Bec, S. (2016). *Confirmation of Fusarium Wilt Caused by Fusarium oxysporum f. sp. palmarum on × Butyagrus nabonnandii (mule palm) in Florida*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1094/PDIS-08-16-1099-PDN>
- Eslabao, M. P., Ellert-Perreira, P. E., Barbieri, R. L., & Heiden, G. (2020). *Áreas de ocupação e extensão de ocorrência de Butia na América do Sul (Arecaceae)*. Embrapa Clima Temperado.
- Ferreira, S. A. do N., de Castro, A. F., & Gentil, D. F. de O. (2010). Emergência de plântulas de tucumã (*Astrocaryum aculeatum*) em função do pré-tratamento as sementes e da condição de semeadura. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 32(4), 1189–1195. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452011005000011>
- Fior, C. S. (2011). *Propagação de Butia odorata (Barb. Rodr.) Noblick & Lorenzi*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Fonseca, M. de M. da, & Magalhaes, M. (2014). *Biologia reprodutiva de Butia odorata (Barb. Rodr.) Noblick*. UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS.
- Freire, C. C., Closel, M. B., Hasui, E., & Ramos, F. N. (2013). Reproductive phenology, seed dispersal and seed predation in *Syagrus romanzoffiana* in a highly fragmented landscape. *Annales Botanici Fennici*, 50(4), 220–228. <https://doi.org/10.5735/086.050.0403>

- Galetti, M., Donatti, C. I., Pires, A. S., Guimarães, P. R., & Jordano, P. (2006). Seed survival and dispersal of an endemic Atlanti forest palm: The combined effects of defaunation and forest fragmentation. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 151(1), 141–149. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.2006.00529.x>
- Galetti, M., Paschoal, M., & Pedroni, F. (1992). Predation on palm nuts (*Syagrus romanzoffiana*) by squirrels (*Sciurus ingrami*) in south-east Brazil. *Journal of Tropical Ecology*, 8, 121–123.
- Genini, J., Galetti, M., & Morellato, L. P. C. (2009). Fruiting phenology of palms and trees in an Atlantic rainforest land-bridge island. *Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 204(2), 131–145. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2008.01.002>
- Giombini, M. I., Bravo, S. P., & Martínez, M. F. (2009). Seed Dispersal of the Palm *Syagrus romanzoffiana* by Tapirs in the Semi-deciduous Atlantic Forest of Argentina. *Biotropica*, 41(4), 408–413.
- Giombini, Mariano I., Bravo, S. P., & Tosto, D. S. (2016). The key role of the largest extant Neotropical frugivore (*Tapirus terrestris*) in promoting admixture of plant genotypes across the landscape. *Biotropica*, 48(4), 499–508. <https://doi.org/10.1111/btp.12328>
- Glassman, S. F. (1970). A new hybrid in the palm genus *Syagrus* Mart. *Fieldiana – Botany*, 32, 241–257.
- Glassman, S. F. (1987). *Revisions of the Palm Genus Syagrus Mart. and Other Selected Genera in the Cocos Alliance (Illinois Biological Monographs, No. 56)* (1st ed.). University of Illinois Press.
- Gomes, V. H. F., Vieira, I. C. G., Salomão, R. P., & terSteege, H. (2019). Amazonian tree species threatened by deforestation and climate change. *Nature Climate Change*, 9(7), 547–553. <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0500-2> Google Scholar. (n.d.). <https://scholar.google.com.br>
- Henderson, A. (2002). *Evolution and Ecology of Palms*. New York: NYBG Press. Hodel, D. R. (2011). Hybrids in the Genus *Syagrus*. *Palms*, 55(3), 141–154.
- Hoffmann, J. F., Barbieri, R. L., Rombaldi, C. V., & Chaves, F. C. (2014). *Butia* spp. (Arecaceae): An overview. In *Scientia Horticulturae* (Vol. 179, pp. 122–131). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.08.011>
- Instituto Escolhas. (2021). *Manual da Lei da biodiversidade*. <http://escolhas.org/biblioteca/estudos-instituto-escolhas/>
- Joly, A. B. (1975). *Botânica: Introdução a Taxonomia Vegetal* (2nd ed.). Biblioteca Universitária Ciências Puras.
- Judd, W. S., Campbell, C. S., Kellogg, E. A., Stevens, P. F., & Donoghue, M. J. (2009). Sistemática Vegetal - Um Enfoque Filogenético. In *Taxon*.
- Keuroghlian, A., & Eaton, D. P. (2008). Fruit availability and peccary frugivory in an isolated Atlanti forest fragment: Effects on peccary ranging behavior and habitat use. *Biotropica*, 40(1), 62–70. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2007.00351.x>

- Kingsbury, N. (2010). Hybrid: the history and science of plant breeding. In *Choice Reviews Online*. <https://doi.org/10.5860/choice.47-4412>
- Kissling, W. D. (2017). Has frugivory influenced the macroecology and diversification of a tropical keystone plant family? *Research Ideas and Outcomes*, 3, 1–16. <https://doi.org/10.3897/rio.3.e14944>
- Kissling, W. D., Balslev, H., Baker, W. J., Dransfield, J., Gödel, B., Lim, J. Y., Onstein, R. E., & Svenning, J. C. (2019). PalmTraits 1.0, a species-level functional trait data-base of palms worldwide. *Scientific Data*, 6(1), 1–13. <https://doi.org/10.1038/s41597-019-0189-0>
- Laindorf, B. L., Cogo, M. R. de M., Neves, P. de O., Rosa, L. Z. da, Souza, V. Q. de, & Pereira, A. B. (2020). A Diversidade de Palmeiras no Estado Do Rio Grande Do Sul - Brasil. *12º Salao Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensao*.
- Leitman, P., Henderson, A., & Noblick, L. R. (2012). *Areaceae*. In: *Lista de Espécies da Flora do Brasil*. <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2010/FB000053>
- Lewis, C. E., & Doyle, J. J. (2002). A phylogenetic analysis of tribe Areceae (Arecaceae) using two low-copy nuclear genes. *Plant Systematics and Evolution*, 236(1–2), 1–17. <https://doi.org/10.1007/s00606-002-0205-1>
- Lezama, F., Altesor, A., Pereira, M., & Paruelo, J. M. (2011). Descripción de la heterogeneidad florística de las principales regiones geomorfológicas de Uruguay. In *Bases ecológicas y tecnológicas para el manejo de pastizales* (pp. 15–32). INIA.
- Lorenzi, H. (2002). *Árvores brasileiras – Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil* (4th ed.). Instituto Plantarum de Estudos da Flora LTDA.
- Lorenzi, H. (2004). *Palmeiras brasileiras e exóticas cultivadas*. Nova Odessa: Instituto Plantarum.
- Lorenzi, H., Noblick, L. R., Kahn, F., & Ferreira, E. (2010). *Flora brasileira: Arecaceae (Palmeiras)*.
- Lorenzi, H., Souza, H. M. de, Medeiros-Costa, J. T. de, Cerqueira, L. S. C. de, & Behr, N. Von. (1996). *Palmeiras no Brasil: nativas e exóticas*. Nova Odessa: Instituto Plantarum.
- Lowe, A. J., Boshier, D., Ward, M., Bacles, C. F. E., & Navarro, C. (2005). Genetic resource impacts of habitat loss and degradation; reconciling empirical evidence and predicted theory for neotropical trees. *Heredity*, 95(4), 255–273. <https://doi.org/10.1038/sj.hdy.6800725>
- Marcato, A. C. (2004). *Revisão Taxonômica do Gênero Butia (Becc.) Becc. e Filogenia da Subtribo Butiinae*. Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo.
- MMA. (2014). *PORTARIA MMA Nº 443, DE 17 DE DEZEMBRO DE 2014*. [http://cncflora.jbrj.gov.br/porta1/static/pdf/portaria\\_mma443\\_2014.pdf](http://cncflora.jbrj.gov.br/porta1/static/pdf/portaria_mma443_2014.pdf)
- Moore, H. E., & Uhl, N. W. (1982). Major trends of evolution in palms. *Bot. Rev. (Lancaster)*, 48, 1–69.

Morel, M. (2006). *Morfologia Floral Y Fenologia de la Floracion de la Palma Butiacapitata (Mart.) Becc. (Arecaceae)*. Universidad de la Republica, Montevideo.

Morelato Begnini, R. (2008). O Jerivá- *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman (Arecaceae)-fenologia e interações com a fauna no Parque Municipal da Lagoa do Peri, Florianópolis, SC. In *Thesis*. <http://www.ccb.ufsc.br/biologia/TCC-BIOLOGIA-FSC/TCCRomualdoBegniniBioUFSC08-1.pdf>

Moura, R. C. de, Lopes, P. S. N., Brandão Junior, D. da S., Gomes, J. G., & Pereira, M. B. (2010). Biometria de frutos e sementes de *Butia capitata* (Mart.) Beccari (Arecaceae), em vegetação natural no Norte de Minas Gerais, Brasil. *Biota Neotropica*, 10(2), 415–419. <https://doi.org/10.1590/s1676-06032010000200040>

Muscarella, R., Emilio, T., Phillips, O. L., Lewis, S. L., Slik, F., Baker, W. J., Couvreur, T. L. P., Eiserhardt, W. L., Svenning, J. C., Affum-Baffoe, K., Aiba, S. I., de Almeida, E. C., de Almeida, S. S., de Oliveira, E. A., Álvarez-Dávila, E., Alves, L. F., Alvez-Valles, C. M., Carvalho, F. A., Guarin, F. A., Balslev, H. (2020). The global abundance of tree palms. *Global Ecology and Biogeography*, 29(9), 1495–1514. <https://doi.org/10.1111/geb.13123>

Nadot, S., Alapetite, E., Baker, W. J., Tregear, J. W., & Barfod, A. S. (2016). The palm family (Arecaceae): a microcosm of sexual system evolution. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 182(2), 376–388. <https://doi.org/10.1111/boj.12440>

Noblick, L. R. (2011). Validation of the Name *Butia odorata*. *Palms*, 55(1), 48–49.

Noblick, L. R. (2019). Guia Para as Palmeiras do Nordeste do Brasil. In *Journal of Chemical Information and Modeling*. UEFS Editora.

Oliveira, M. A., Senna, R. M., Neves, M. T. M. B. das Blank, M., & Boldrini, I. Iob. (2007). Flora e Vegetação. In *Biodiversidade da região da Lagoa do Casamento e dos butizais de Tapas, Planície costeira do Rio Grande do Sul*. (pp. 85–111). MMA/SBF.

Onstein, R. E., Baker, W. J., Couvreur, T. L. P., Faurby, S., Svenning, J. C., & Kissling, W. D. (2017). Frugivory-related traits promote speciation of tropical palms. *Nature Ecology and Evolution*, 1(12), 1903–1911. <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0348-7>

*PalmWEB*. (n.d.). <http://www.palmweb.org/>

Pereira, P. E. E., Eslabão, M. P., Barbieri, R. L., & Heiden, G. (2015a). Diversidade de *Butia* (Arecaceae): Contribuições para a coleta e conservação de germoplasma. *Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas*.

Pereira, P. E. E., Eslabão, M. P., Barbieri, R. L., & Heiden, G. (2015b). Taxonomic contributions to the collection and conservation of *Butia* (Arecaceae) germplasm. *10º Simposio de Recursos Geneticos Para a America Latina e o Caribe*, 58–58.

Petersen, G., Seberg, O., Davis, J., Goldman, D., Stevenson, D., Campbell, L., Michaelangeli, F., Specht, C., Chase, M., Fay, M., Pires, C., Freudenstein, J., Hardy, C., & Simmons, M. (2006). Mitochondrial Data in Monocot Phylogenetics. *Aliso*, 22(1), 52–62. <https://doi.org/10.5642/aliso.20062201.05>

- Pimentel, D. S., & Tabarelli, M. (2004). Seed Dispersal of the Palm *Attalea oleifera* in a Remnant of the Brazilian Atlantic Forest. *Biotropica*, 36(1), 74. <https://doi.org/10.1646/02095>
- Pivetta, K. F. L., De Paula, R. C., Cintra, G. S., Pedrinho, D. R., Casali, L. P., Pizetta, P. U. C., & Pimenta, R. S. (2005). Effect of temperature on seed germination of queen palm *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) glassman (Arecaceae). *Acta Horticulturae*, 683, 379–381. <https://doi.org/10.17660/actahortic.2005.683.49>
- Pizzanelli, M., & Xavier, O. (2013). *Aportes para la elaboración de una guía de buenas prácticas de laco- secha extractiva del butiá: caracterización social y estimación del potencial productivo y reproductivo del palmar de Butia odorata (Barb. Rodr.) Noblick de Castillos (Rocha, Uruguay)*. Universidad de la República, Montevideo.
- Proschowsky, A. R. (1921). *Butia recastrum nabonnandi*. *Revue Horticole*, 93, 290–291.
- PubMed*. (n.d.). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov>
- Rambaldi, D. M., & Oliveira, D. A. S. (2003). *Fragmentação de Ecossistemas Causas, Efeitos sobre a Biodiversidade e Recomendações de Políticas Públicas*. Ministerio do Meio Ambiente.
- Raven, P. H. (2007). *Biologia Vegetal*. Guanabara Koogan.
- Research Gate*. (n.d.) <disponível em: <https://www.researchgate.net> > acessado em 10 março 2021.
- Richardson, J. E., & Pennington, R. T. (2016). Editorial: Origin of tropical diversity: From clades to communities. *Frontiers in Genetics*, 7(186), 1–3. <https://doi.org/10.3389/fgene.2016.00186>
- Ricklefs, R. E., & Renner, S. S. (2012). Global correlations in tropical tree species richness and abundance reject neutrality. *Science*, 335(6067), 464–467. <https://doi.org/10.1126/science.1215182>
- Riffle, R. L., Craft, P., & Zona, S. (2012). *The encyclopedia of cultivated palms*. Timber Press, Portland.
- Rios, S. A., Cunha, R. N. V., Lopes, R., & Barcelos, E. (2012). *Recursos genéticos de palma de óleo (Elaeis guineensis Jaq.) e caiué (Elaeis oleifera (H.B.K) Cortés)*. Embrapa Amazonia Ocidental. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/83030/1/Doc-96-A5.pdf>
- Rivas, M. Barilani, A. (2004). Diversidad, potencial productivo y reproductivo de los palmares de Butia de Uruguay.pdf. In *Agrociencias: Vol. VIII* (pp. 11– 20).
- Rivas, M., & Barbieri, R. L. (2014). *Butia odorata (Barb. Rodr.) Noblick Butiá, Butiazeiro* (2018th ed.). Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). <http://www.procisur.org.uy>
- Rivas, M., & Barbieri, R. L. (2018). *Butia odorata (Bab.Rodr.) Noblick Butia, Butiazeiro*. <http://www.procisur.org.uy>

- Rocha, K. M. R. (2009). *Biologia reprodutiva da palmeira licuri (Syagrus coronata (Mart.) Becc.) (Arecaceae) na ecorregião do raso da Catarina, Bahia*. Universidade Federal Rural de Pernambuco.
- Rossato, M., & Barbieri, R. L. (2007). Estudo etnobotânico de palmeiras do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 2(1), 997–1000.
- Rossato, Marcelo. (2007). *Recursos genéticos de palmeiras do gênero Butia do Rio Grande do Sul*. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.
- Schwartz, E., Fachinello, J. C., Barbieri, R. L., & Silva, J. B. (2010). Avaliação de populações de *Butia capitata* de Santa Vitória do Palmar. *Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal*, 32(3), 736–745.
- SciELO. (n.d.). <https://www.scielo.org>
- Shang, H., & Yan, Y. (2017). Natural hybridization and biodiversity conservation. *Biodiversity Science*, 25(6), 683–688. <https://doi.org/10.17520/biods.2017122>
- Soares, K. P. (2020). *Syagrus in Flora do Brasil 2020*. Jardim Botânico Do Rio de Janeiro. <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/listaBrasil/FichaPublicaTaxonUC/FichaPublicaTaxonUC.do?id=FB15745>. Acesso em 22 de Out. de 2021.
- Soares, K. P., de Assis, C. L., Guimaraes, C. A., & Vieira, A. R. G. (2014). Four New Natural Hybridsof Syagrus from Brazil. *PALMS*, 58(2), 87–100.
- Soares, K. P., Longhi, S. J., Neto, L. W., & Assis, L. C. de. (2014). Palmeiras (Arecaceae) no Rio Grande do Sul, Brasil Palms. *Rodriguesia*, 65(1), 113–139.
- Soares, K. P., Pimenta, R. S., & Guimaraes, C. A. (2013). Duas Novas Espécies de Syagrus Mart. (Arecaceae) para o Brasil. *Ciência Florestal*, 23(3), 417– 426.
- Souza, V. C., & Lorenzi, H. (2019). *Botânica Sistemática* (4th ed.).
- Stevens, P. F. (2017). *Angiosperm Phylogeny*. <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>.
- Terborgh, J. (1986). Keystone Plant Resources in the Tropical Forest. In *Conservation Biology* (pp. 330–344). Sinauer, Sunderland.
- Tomlinson, B. (2006). Stem Anatomy of Climbing Palms in Relation to Long-distance Water Transport. *Aliso: A Journal of Systematic and Evolutionary Botany*, 22(1), 265–277. <https://doi.org/10.5642/aliso.20062201.22>
- Torggler, M. G. F., Contel, E. P. B., & Torggler, S. P. (1995). *Isoenzimas: variabilidade genética em plantas*. Sociedade Brasileira de Genética.
- Vinson, C. C., Kanashiro, M., Harris, S. A., & Boshier, D. H. (2015). Impacts of selective logging on inbreeding and gene flow in two Amazonian timber species with contrasting ecological and reproductive characteristics. *Molecular Ecology*, 24(1), 38–53. <https://doi.org/10.1111/mec.13002>

Vorster, P. (1990). × *Butyagrus*, a New Nothogeneric Name for × *Butia recastrum* (Arecaceae). *Taxon*, 39(4), 662–663. <https://doi.org/10.2307/1223389>

*Web of Science*. (n.d.). <https://www.webofscience.com>

Wolff, L. F. (2018). *Produção Sustentável de Mel em Áreas com Butiazais*.

Yamagishi-Costa, J., & Forni-Martins, E. R. (2009). Hybridization and Polyploidy: Cytogenetic Indications for *Hoffmannseggella* (Orchidaceae) Species Evolution. *International Journal of Botany*, 5(1), 93–99.

Yeeh, Y., Kang, S. S., & Chung, M. G. (1996). Evaluation of the Natural Monument Populations of *Camellia japonica* (Theaceae) in Korea Based on Allozyme Studies. *Bto. Bull. Acad. Sin.*, 37, 141–146.

Zalba, S., & Ziller, S. (2007). Manejo adaptativo de espécies exóticas invasoras: colocando a teoria em prática. *Natureza & Conservação*, 5(2), 16–22.

Zimmeran, B., Peres, C. A., Malcom, J. R., & Turner, T. (2001). Conservation and development alliances with the Kayapó of the south-eastern Amazonia, a tropical forest indigenous people. *Environmental Conservation*, 28(1), 10–22.



#### 4 ARTIGO 2 – *×Butyagrus nabonnandii* (PROSCH.) VORSTER (ARECACEAE): A STERILE AND RARE PALM WITH VARIABLE MORPHOLOGY?

ARTIGO PUBLICADO EM 08 DE MAIO DE 2023 NA REVISTA BRAZILIAN JOURNAL OF BIOLOGY.

#### **Autores**

**Lurdes Zanchetta da Rosa** (Orcid: 0000000349119670),  
**Bruno Francisco Sant'Anna-Santos** (Orcid: 0000000283272081),  
**Carlos Gabriel Moreira de Almeida** (Orcid:0000000245284233),  
**Sofia Aumond Kuhn** (Orcid: 0000000256214054),  
**Velci Queiroz de Souza** (Orcid: 0000000268906015).

#### **RESUMO**

*×Butyagrus nabonnandii* é conhecida como palmeira-mula por ser considerada estéril. O híbrido é resultado do cruzamento entre *Syagrus romanzoffiana* e *Butia odorata*, é tido como raro e ainda possui morfologia pouco estudada. Objetivou-se descrever a morfologia e a germinação de *×Butyagrus nabonnandii* a partir de diferentes populações naturais. O híbrido foi registrado em quatro municípios sendo, em três desses, de ocorrência inédita. Em um dos municípios visitados, foram contabilizados 20 espécimes. A morfologia vegetativa apresentou menor variação do que a reprodutiva. Entretanto, em ambiente natural, parte dos caracteres da morfologia vegetativa difere do descrito na literatura para espécimes sob cultivo. Os dados indicam que além de não ser raro, o híbrido é fértil. As taxas de germinação das sementes de *×B. nabonnandii* são baixas devido à predação das sementes por larvas de insetos, além da produção de frutos sem sementes, o que também é observado nos gêneros das espécies progenitoras. Além disso, assim como em seus parentais, a morfologia do híbrido é complexa, sendo estudos anatômicos e moleculares futuros importantes para uma melhor delimitação e compreensão da biologia de *×B. nabonnandii*.

**Palavras-chave:** híbrido intergênero, morfologia vegetal, palmeiras, propagação.

## ABSTRACT

$\times$ *Butyagrus nabonnandii* is known as mule palm because it is considered sterile. The hybrid results from an intergeneric cross between *Syagru sromanzoffiana* and *Butia odorata*. It was first described from an artificial cross in 1890 and is considered rare in nature, and its morphology has been little studied. Thus, we aimed to verify if  $\times$ *B. nabonnandii* is indeed sterile by studying its seeds germination and describing its morphology from different natural populations. The hybrid was sampled in four municipalities and had a remarkable occurrence in three of these. In one of the visited cities, 20 specimens were counted. The vegetative morphology showed less variation than the reproductive. However, part of the vegetative characters differed from previous descriptions that relied solely on cultivated specimens. Contrary to previous reports, our data indicate that  $\times$ *B. nabonnandii* is neither rare nor infertile. Seed germination rates of  $\times$ *B. nabonnandii* are low due to seed predation by insect larvae and seedless fruit production, which is also observed in the genera of the parental species. Furthermore, as in its parents, the morphology of the hybrid is complex, and future anatomical and molecular approaches are important for a better delimitation and understanding of the biology of  $\times$ *B. nabonnandii*.

**Keywords:** intergeneric hybrid, plant morphology, palm trees, propagation.

## 4.1 INTRODUCTION

Hybridization is a natural phenomenon commonly observed in plant species, which can significantly contribute to plant evolution and speciation (GOULET et al., 2017; BIRD, 2018; NOBLICK, 2019; ROSA et al., 2021). Often, hybridization favors heterozygosity accompanied by greater hybrid vigor of plants, expressed in growth and seed production (GLOMBIK et al., 2020). In addition, natural or artificial hybridization is a common practice in crop genetic improvement programs, configured by broader adaptation to new environmental niches (RIESEBERG & WILLIS, 2007; GLOMBIK et al., 2020).

An example of a plant family known for several interspecific and intergeneric crosses generating natural hybrids is Arecaceae (Palmae) (GLASSMAN 1971, 1987, DRANSFIELD et al, 2008; NOBLICK, 2010, 2017A; SOARES et al. 2014a, 2014b). This family is known for its high genetic diversity in tropical and subtropical regions and is of fundamental importance in many forest and savanna ecosystems, offering important resources for herbivores,

pollinators, and animals that feed on fruits and seeds (NOBLICK 2010; ELIAS *et al.*, 2018; MUSCARELLA 2020).

Arecaceae has about 2,600 species in 181 genera (BAKER & DRANSFIEL, 2016; STEVENS, 2017). In Brazil, the genera *Butia* (Becc.) Becc. and *Syagrus* Mart. stand out for many endemic and sympatric species, which favors the emergence of rare hybrids within or even between genera, such as  $\times$ *Butyagrus* Vorster (GLASSMAN, 1971; NOBLICK, 2010, 2012, 2017a; SOARES *et al.*, 2014a, 2014b; ENGELS *et al.*, 2021).

Among the intergeneric hybrids,  $\times$ *Butyagrus nabonnandii* (Prosch.) Vorster was first reported by Proschowsky (1921). Its etymology was a tribute to Paul Nabonnand, who, in the 1890s, was the first to artificially hybridize the parent species in France (NOBLICK, 2010). However, the first record of natural hybridization occurred in the 1940s, when Professor Max Burret from the Berlin Botanical Garden received two photos of a palm tree occurring in Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brazil. Moreover, there were reports of naturally-occurring specimens in Uruguay (Burret, 1940; Noblick, 2010). As for Brazil, according to Glassman (1971), the hybrid "is thought to be indigenous" from the municipality of Porto Alegre, in the Rio Grande do Sul State. In Noblick's treatment for *Butia*, the Rio Grande do Sul State also appears in the occurrence map of  $\times$ *B. nabonnandii* but not in the description of the hybrid's habitat (NOBLICK, 2010) – perhaps because those were cultivated specimens. Later, the revision of the *Syagrus* of Rio Grande do Sul by Soares *et al.* (2014) also listed  $\times$ *B. nabonnandii* for the municipality of São Vicente do Sul, where a cultivated specimen was selected for the morphological description of the taxon.

In addition to  $\times$ *B. nabonnandii* that originates from the cross between *Butia odorata* (Barb. Rodr.) Noblick and *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman, two other natural intergeneric hybrids between *Syagrus* and *Butia* are also known for the southern region of Brazil. The first is  $\times$ *Butyagrus alegretensis* K. Soares (Soares *et al.* 2014a), derived from *Butia lallemantii* Deble & Marchiori and *S. romanzoffiana* in Rio Grande do Sul (Soares *et al.* 2014a). The second is the recently described  $\times$ *Butyagrus paranaensis* Engels, T.A. Meyer & K. Soares a cross between *Butia eriopatha* (Mart. ex Drude) Becc. and *S. romanzoffiana* (Engels *et al.* 2021) in the Paraná State, where the parents are also sympatric (ROSSATO, 2007; NOBLICK, 2010, 2017A; SOARES *et al.*, 2014a).

Regarding  $\times$ *B. nabonnandii*, there are two major gaps in the literature to be studied in more depth. The first concerns its sterility, once the hybrid is considered sterile due to the lack of reports on seed germination (NOBLICK, 2010; SOARES *et al.*, 2014), giving rise to its popular name, mule palm. However, studies indicate that its pollen can be used in backcrosses,

including with the genus *Jubaea* (RIFFLE *et al.*, 2012), which suggests that the hybrid may be fertile. The second gap concerns the descriptions of  $\times B. nabonnandii$ , which were based on a few cultivated specimens outside their natural area of occurrence or had few samples deposited in herbaria. Thus, a greater effort to collect specimens of the hybrid from different populations is justified (GLASSMAN, 1971; NOBLICK, 2010; SOARES *et al.*, 2014a; NOBLICK & SANT'ANNA-SANTOS, 2021). Furthermore, we hypothesize that this hybrid may naturally present an expressive variation in its morphology not yet contemplated in previous literature descriptions. Furthermore, this is relevant for its identification and future programs considering its technological potential.

Therefore, studies that evaluate their germination potential, in addition to a detailed morphological analysis that includes specimens from different populations, can increase their scientific and technological potential similar to that reported with other palms, such as açai (*Euterpe oleracea* Mart.) (BEGNINI *et al.*, 2013; SANTOS-HÜTHER, 2021). Thus, the morphometric analysis of the hybrid's specimens is essential for understanding its biology and providing subsidies for works aimed at its propagation and conservation. In addition, morphometry allows the detection of inter and intrapopulation phenotypic variations that can be used to infer the genetic variability of individuals and their populations or to estimate speciation events and effects of human action on a given species (ZUFFO *et al.*, 2016; VIRGENS *et al.*, 2019; Santos *et al.*, 2021).

Given the above, this study aimed to evaluate the morphology of specimens from different naturally occurring populations, in addition to the interpopulation phenotypic variation and the germination process of  $\times B. nabonnandii$ , to answer the following questions: 1) are the seeds of  $\times B. nabonnandii$  indeed sterile? 2) can the hybrid be considered rare? 3) is there significant phenotypic variation between different populations of the hybrid? 4) does the morphology of naturally occurring specimens differ from that described in the literature for cultivated specimens? 5) to which parent is the hybrid most similar?

## 4.2 MATERIALS AND METHODS

The study was carried out in four distinct areas in the Rio Grande do Sul State, Brazil, consisting of typical landscapes of the Pampa biome, including some ecotone regions with the Atlantic Forest biome, in the municipality of Venâncio Aires. The region's climate is Cfa, humid subtropical, according to the Köppen-Geiger climate classification (Kottek *et al.* 2006). The morphometric analysis collections included adult and fertile plants of  $\times B. nabonnandii$ ,

and were carried out in the following municipalities: Venâncio Aires (29°37'08"S, 52°11'40"W; 29°31'26"S, 52°09'25"W; 29°33'05"S, 52°10'05"W), Porto Alegre (30°01'58"S, 51°13'48"W), Cachoeira do Sul (30°02'21"S, 52°53'38"W), and Manoel Viana (29°35'21"S, 55°28'58"W).

The fieldwork was carried out from June 2019 to July 2022 in four spontaneously occurring populations. Six specimens were sampled, and four of them had vouchers deposited in the Bruno Edgar Irgang Herbarium (HBEI) from the Universidade Federal do Pampa (Unipampa): HBEI1638 (Venâncio Aires); HBEI1642 (Manoel Viana); HBEI1640 (Porto Alegre); HBEI1641 (Cachoeira do Sul). Unfortunately, we could not voucher two specimens (Venâncio Aires), due to technical difficulties collecting and herborizing tall individuals with large vegetative and reproductive organs, as Glassman (1970) and Soares et al. (2014a) reported. In addition, the two non-herborized specimens did not show significant differences from those in the same area of occurrence.

For the morphometric analysis, fully developed leaves, inflorescences, and infructescences in the ripening stage were collected. For the germination analysis, the seeds were obtained by selecting fruits and removing their pulp according to previous methods (BRASIL, 2009; FIOR *et al.*, 2011; MASETTO *et al.*, 2012; FIOR *et al.*, 2013, 2018). Therefore, 20 healthy and ripe fruits of each individual were selected (120 in total) for morphometric analysis, morphological characterization, and verification of the presence of seeds. Then, the fruit pulp was manually removed, the pyrenes were washed in running water, placed on a laboratory bench for drying, and later packed in paper bags and identified for further fractionation.

During seed release, the pyrenes were stored in the shade at room temperature for ten days to favor the extraction of the seeds, which generally remain attached to the endocarp, according to the methodology proposed by Rodrigues *et al.* (2015) and Santos *et al.* (2019). The extractions were performed by pressing and breaking the endocarp with a manual hammer. Next, the pyrenes were fixed in a size 3 bench vise and sawed with a 12-inch fine-blade saw. Then, 60 healthy seeds were selected (20 per individual), except for the individual from Venâncio Aires, whose endocarps had no seeds.

The seeds were placed in moist cotton for 35 days to start the germination process. Next, the seeds were sown individually at a depth of 3 cm in polypropylene pots with a capacity of 415 ml, containing substrate with a mixture of 1/3 of sand and 2/3 of organic soil (MEEROW, 1969). They were kept in a greenhouse in 50% shade, with a minimum temperature of 14 °C and a maximum of 26 °C, for 120 days. Irrigation occurred daily, maintaining field capacity. Germination was monitored twice monthly, and after 120 days of seed sowing, the protrusion

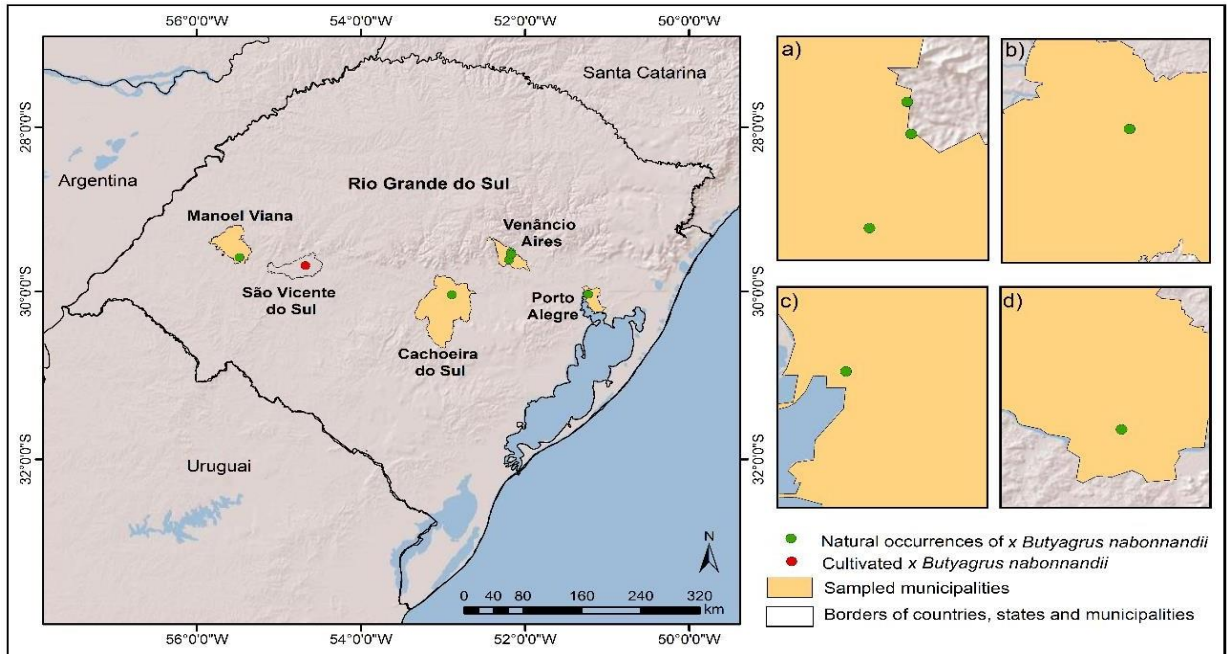
of the cotyledonary petiole occurred, which was monitored until it reached approximately 1 cm in length. (COSTA & MARCHI, 2008; REIS *et al.*, 2010; BARROS NETO *et al.*, 2014; CARVALHO *et al.*, 2015).

In the morphometric evaluation, a flexible measuring tape and a digital stainless steelcaliper (model, MTX, China), with a resolution of 0.01 mm, were used to measure the length and width of the vegetative and reproductive structures used. To measure the wet mass of the fruits, mesocarps, pyrenes, and seeds, an analytical digital scale (model MH-200, CHJ, China with a resolution of 0.01 g was used (DOMINGOS-NETO & FERREIRA, 2014; LIMA, 2017; MUSCARELLA *et al.*, 2020). The estimation of the number of flowers per inflorescence adopted the methodology of Schwartz (2010). The terminology used for gauging and evaluating the vegetative and reproductive structures of the ×*B. nabonnandii* specimens evaluated here follow that used in the literature (DRANSFIELD *et al.*, 2008; GLASSMAN, 1971; NOBLICK, 2010, 2017A; SOARES *et al.* 2014a; SANT' ANNA-SANTOS, 2021; HEIDEN & SANT'ANNA-SANTOS, 2022). The images of the vegetative and reproductive structures were obtained with a digital camera (α3000 ILCE, Sony, China) with an 18 to 55mm objective and a 25mm sensor.

The morphometric data of the vegetative morphology were assessed among all the municipalities, and the data of the reproductive morphology were measured for eachmunicipality. Two-way analysis of variance (two-way ANOVA) for multiple comparisons was used to analyze quantitative data. Prism GraphPad (version 6.0, GraphPad Software Inc, California) was used for the analysis and generation of graphs, and the results were presented as mean ± standard deviation of the mean (MSD), and significant differences were considered when  $P < 0.05$ .

## 4.3 RESULTS

### 4.3.1 Occurrence



**Figure 1. Geographical distribution of  $\times B. nabonnandii$  (Prosch.) Vorster in Brazil.** The green dots indicate the collection sites. **a-d.** Municipalities sampled. **a.** Venâncio Aires; **b.** Cachoeira do Sul; **c.** Porto Alegre; **d.** Manoel Viana. The red dot indicates the specimen under cultivation in São Vicente do Sul municipality (data retrieved from Soares et al. (2014a).

Hybrid specimens were found in four municipalities in the Rio Grande do Sul State (Figure 1). In these places, the largest population (20 individuals) was from the municipality of Venâncio Aires, while in other areas, hybrids occur in small numbers (one or two specimens). In these study areas, hybrids generally cohabit with their parents and the presence of *B. odorata* in the vicinity of the hybrid specimens (Figure 2a).

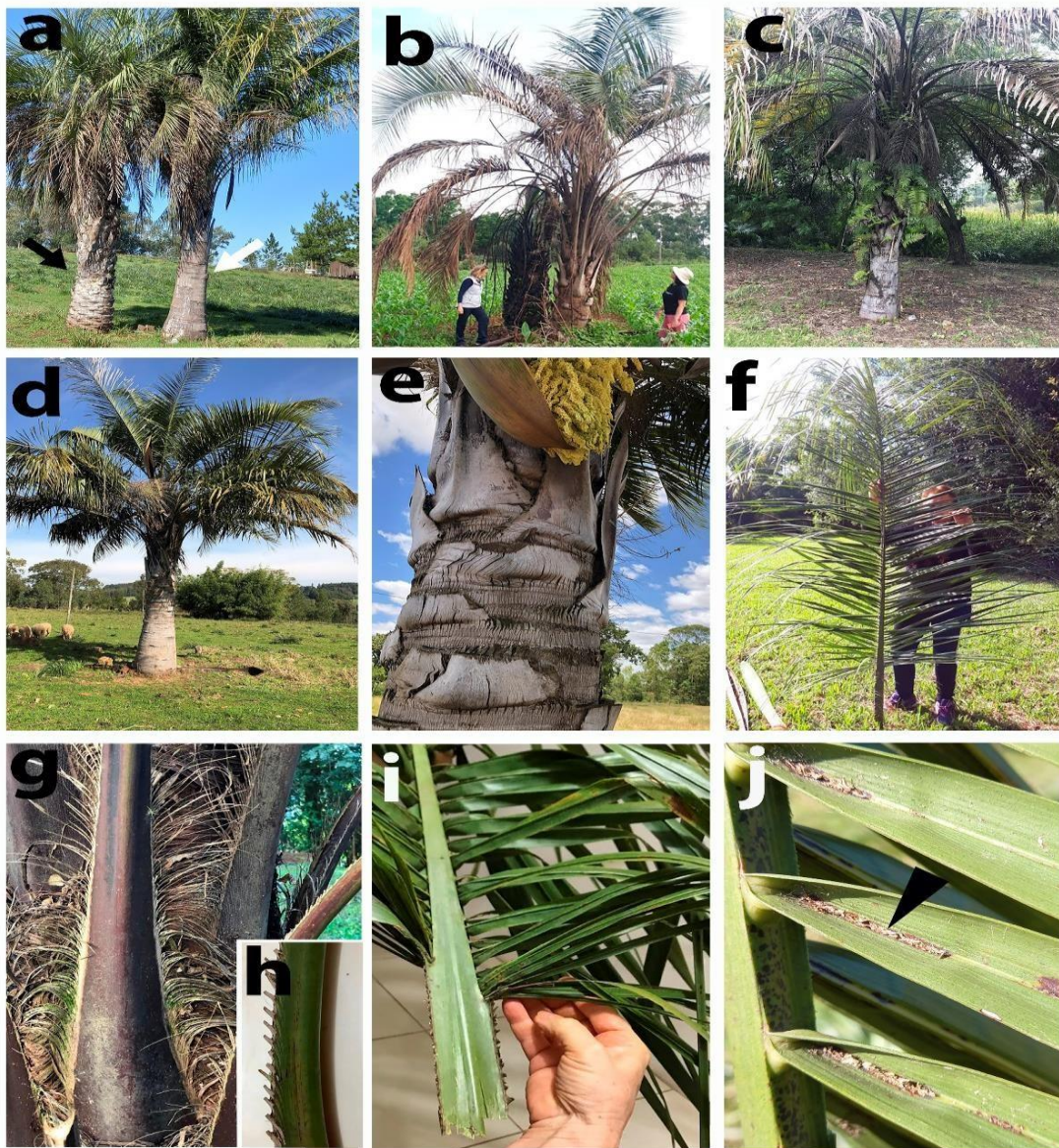
### 4.3.2 Vegetative Morphometry

**a) Size:** plants  $4.16 \text{ m} \pm 0.70 \text{ m}$  high, solitary (Figures 2b-c-d) with aerial stems,  $2.87 \text{ m} \pm 1.1 \times 0.51 \text{ m} \pm 0.1 \text{ m}$ . The external texture is generally marked by the semi-persistent leaf sheaths bases, which are encrusted and evenly distributed along the entire stem (Figure 2e).

**b) Leaves:** pinnate,  $4.78 \pm 0.52 \text{ m}$  long, in number of  $15 \pm 2$  in the crown, slightly arched and dark green (Figure 2f). Leaf-sheaths  $70.04 \pm 5 \text{ cm}$  long,  $26 \pm 2 \text{ cm}$  wide, persistent margins with flexible fibers (Figure 2g). Pseudopetioles  $98 \pm 5 \text{ cm}$  long with dentate margins (Figure



2h). Leaf rachis length:  $3.10 \pm 0.12$  m long. The first four pairs of pinnae are grouped into the proximal portion of the leaf rachis (Figure 2i). The number of pinnae ranged from 113 to 150 pairs, irregularly (slightly) inserted along each side of the rachis at one or more angles 2 cm apart, with entire margins, linear, ending slightly acuminate, and with asymmetrical apex, middle pinnae  $84 \pm 2 \times 2.6 \pm 0.48$  cm. The midrib is adaxially projected, and the lower vein has ramenta near the rachis (Figure 2j).



**Figure 2. Aspects of the vegetative morphology of *×Butyagrus nabonnandii* (Prosch.) Vorster.** a-b. Hybrid (white arrow) cohabiting with one of the parents, *B. odorata* (black arrow); c. An individual in the city of Porto Alegre; d. An individual in the municipality of Cachoeira do Sul; e. Remnants of the semi-persistent sheaths; f. Pinnae irregularly (slightly) inserted into the leaf rachis; g. Detail of the leaf sheath with soft fibers; h. Pseudopetiole with dentate margins; i. Pinnae inserted in a group in the proximal portion of the leaf rachis; j. Ramenta on the abaxial surface of the pinnae (black arrowhead) near the insertion point on the leaf rachis.



### 4.3.3 Reproductive Morphometry

**a) Peduncular bracts:**  $1.84 \pm 0.38$  m long,  $23 \pm 2$  cm wide, acute to acuminate beak with  $12 \pm 2$  cm long, woody externally grooved (slightly to deeply), green when closed to cream-brown when open (Figures 3a-b-c-d-e).

**b) Inflorescences:** interfoliar (Figure 3f), with a variation in total length of  $124 \pm 20$  cm, rachis with  $105 \pm 5$  cm long, and peduncle with  $35 \pm 5$  cm long. They are monoecious, protandric hybrids with rimose anthers. The flowers occur in triads, with a pistillate flanked by two staminate flowers (Figure 3g). The arrangement of flowers in triads in the proximal and median portions of the rachillas occupies approximately 2/3 of the length of the rachilla, while staminate flowers occupy the distal portion. Pistillate flowers have an average width of  $5.65 \pm 0.35$  mm and an average length of  $6.82 \pm 0.54$  mm, cream color, unilocular ovary, trimerous corolla with imbricate petals (Figure 3h), and trimerous calyx with free sepals. The staminate flowers have an average width of  $14.02 \pm 0.53$  mm and an average length of  $11.58 \pm 0.59$  mm, are cream-colored, and are also trimerous, with free petals, with six stamens (Figures 3h). We herein observed  $24.750 \pm 2000$  staminate flowers and  $8.250 \pm 987$  pistillate flowers per inflorescence, which results in a proportion of three staminate flowers for each pistillate flower. The rachillas presented an average length of  $56.32 \pm 5.34$  cm in the proximal portion of the rachis,  $43.21 \pm 9.89$  cm in the middle portion, and  $20.1 \pm 11.38$  cm in the distal portion. The average total number of rachillas was  $250 \pm 15$ .



**Figure 3.** Aspects of the reproductive morphology of *xButyagrus nabonnandii* (Porch.) Vorster. **a.** Peduncular bract externally striated; **b.** Acuminate beak; **c.** acute beak; **d.** Peduncular bract slightly striated; **e.** Peduncular bract striated; **f.** Paniculate inflorescence; **g.** Fertile rachilla, showing the triads; **h.** Closed pistillate flower (white arrow) and closed (black arrow) and open (arrowhead) staminate flowers; **i.** Pyrenes (white arrow) and fruits (black arrow) and closed (black arrow) and open (arrowhead) staminate flowers; **i.** Pyrenes (white arrow) and fruits (black arrow): Porto Alegre (PA); Manoel Viana (MV); Cachoeira do Sul (CS) and Venâncio Aires (VA); **j-k.** Inflorescences of Venâncio Aires and Cachoeira do Sul; **l.** Pulped fruits (fr) with exposed pyrene (pi); **m-n.** Asymmetric subbasal pores of the endocarp (white arrows) with three projections (black arrows) in the apical portion of the endocarp; **o.** Open pyrenes without cavity or seeds (Venâncio Aires); **p-q.** Open pyrenes with and without seeds of individuals from Porto Alegre (**p**) and Cachoeira do Sul (**q**); **r.** Closed and open pyrenes, with and without seeds of the individuals of Manoel Viana. Scale bars: 1 cm.

c) **Phenology:** the flowering was observed throughout the year, mainly between October and February, with an average of one to three inflorescences per individual.

d) **Fruits:** the fruits are drupe type,  $23.12 \pm 5.63$  mm x  $24.1 \pm 3.70$  mm, of equatorial and polar length, respectively, and a wet mass of  $9.8 \pm 4.74$  g (Table I, Figure 4a-b). The fruits have variable shapes from globose to ovoid, dark green when immature, and yellow to orange when ripe (Figure 3i). In the municipality of Venâncio Aires, the fruits of the hybrids showed a globular shape, yellow color, brown streaks at their apex, and larger dimensions compared to the other municipalities studied (Figure 3i). Fruit maturation occurs irregularly, with green and ripe fruits observed in the same infructescence (Figures 3j-k). When ripe, fruit drop occurs spontaneously. The fruits are edible, consisting of a thin epicarp and a fibrous, mucilaginous, juicy, and sweet mesocarp with one pyrene per fruit (Figure 3l).

**Table 1. Comparative morpho biometry of *B. nabonnandii* fruits in four populations in the Rio Grande do Sul.** Descriptive estimates of the average, maximum, minimum, standard deviation, and coefficient of variation (%) of the wet fruit mass (WFM); polar fruit length (PFL), and equatorial fruit length (EFL) from 120 fruits from the municipalities of Venâncio Aires, Porto Alegre, Cachoeira do Sul and Manoel Viana.

Dimension	Mean	Maximum	Minimum	Standard deviatie n	Coefficient of variation n (%)
WFM (g)	9.85	16.1	4.59	4.74	48.14
PFL (mm)	24.05	27.58	20.29	3.07	12.80
EFL (mm)	23.12	28.47	15.18	5.63	24.35

The pyrenes, measuring  $13.66 \pm 0.69$  mm x  $21.19 \pm 1.51$  mm, of equatorial and polar length, respectively, and a wet mass of  $2.40 \pm 0.55$  g (Table II, Figures 4a-b), are made up of endocarps, rigid and lignified. The endocarp has three sub-basal pores, often not symmetrical (Figure 3m).

**Table 2. Comparative morpho biometry of pyrenes of *B. nabonnandii* in four populations in the Rio Grande do Sul.** Descriptive estimates of the average, maximum, minimum, standard deviation, and coefficient of variation (%) of the wet pyrene mass (WPM); polar pyrene length (PPL), and equatorial pyrene length (EPL) from 120 seeds from the cities of Venâncio Aires, Porto Alegre, Cachoeira do Sul and Manoel Viana.

Dimension	Mean	Maximum	Minimum	Standard Deviation	Coefficient of variation n (%)
WPM (g)	2.40	3.03	1.74	0.55	22.96
PPL (mm)	21.19	23.19	19.56	1.50	7.08
EPL (mm)	13.66	14.63	13.14	0.69	5.11

The external endocarp texture is generally smooth and homogeneous, with a light brown color when dry, except for the pyrenes of the fruits of Venâncio Aires individuals, which presented the external texture of the endocarp marked, at the apex, by three projections. (Figure 3n). Also, in individuals from the municipality of Venâncio Aires, all fruits sampled showed endocarps with only traces of cavity and without seeds (Figure 3o). In the other municipalities: Porto Alegre (Figure 3p); Cachoeira do Sul (Figure 3q); and Manoel Viana (Figure 3r), most endocarps presented a cavity with the presence or absence of seeds. In these same municipalities, there was also a low percentage of endocarps without a cavity, with only marks or traces of cavities.

Regarding the equatorial length of the fruit, Venâncio Aires, Cachoeira do Sul, and Manoel Viana, presented higher values, while in the city of Porto Alegre, the fruit presented the lowest equatorial length (Figure 4a). Regarding the polar length of the fruits, Venâncio Aires presented a greater polar length than the other municipalities (Figure 4a). In the municipalities of Porto Alegre, Manoel Viana, and Cachoeira do Sul, the polar length of the fruits was similar (Figure 4a). For the measurements of the pyrene, when observing the equatorial length, all locations had similar behaviors. However, for the polar length, it is possible to observe a small superiority of the population of Venâncio Aires (Figure 4a).

The municipality of Venâncio Aires presented the highest wet mass of the fruit and mesocarp, while Porto Alegre presented the lowest, and the other municipalities were similar (Figure 4b). Regarding the wet mass of the pyrene, the four populations had similar behavior (Figure 4b).

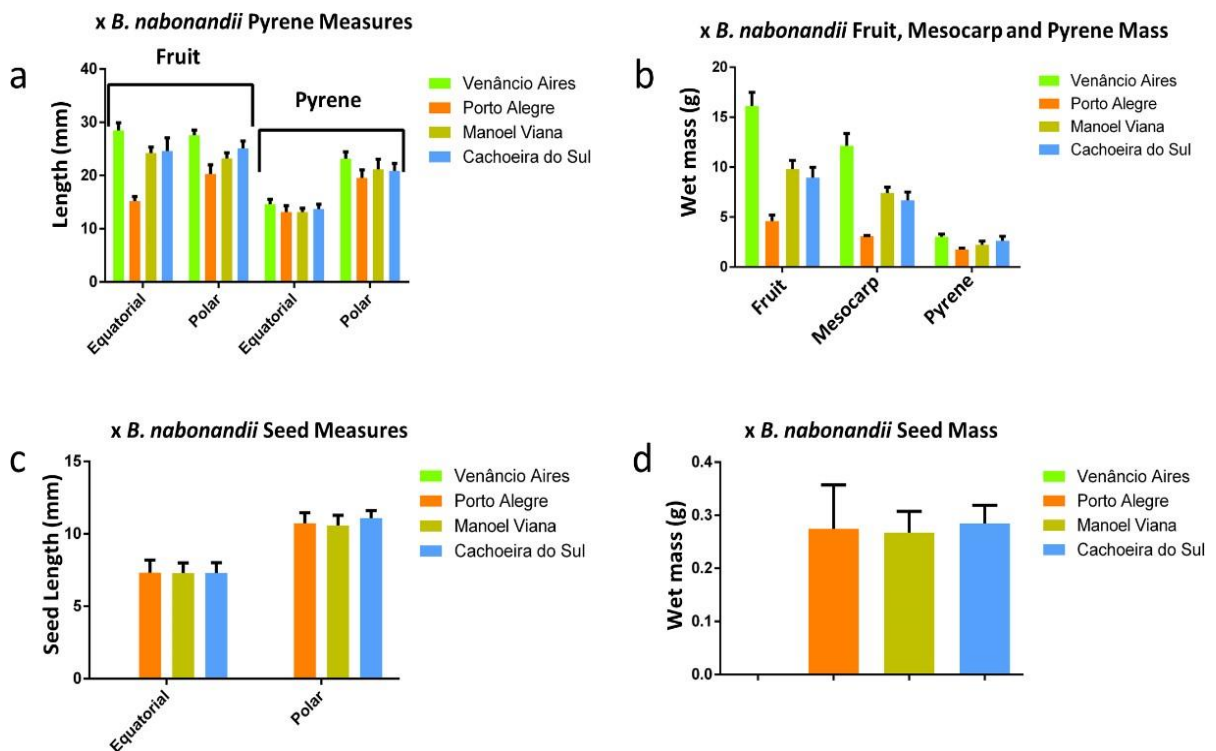
**e) Seeds:** The seeds presented  $7.28 \pm 0.02$  mm x  $10.79 \pm 0.25$  mm, of equatorial and polar length, respectively, and a wet mass of  $0.27 \pm 0.01$  g (Table III). Their colors ranged from dark brown to light brown, exhibiting a varied shape from oval to cordiform, with the presence of an operculum, which is usually prominent (Figures 5a-b-c). When observing the seeds' equatorial and polar measures, except for Venâncio Aires's population, all the other populations behaved similarly (Figure 4c).



**Table 3. Comparative morpho biometry of *x*B. nabonandii seeds in four populations in the Rio Grande do Sul.** Descriptive estimates of the average, maximum, minimum, standard deviation, and coefficient of variation (%) of the wet seed mass (WSM); polar seed length (PSL), and equatorial seed length (ESL), from 120 seeds from the municipalities of Porto Alegre, Cachoeira do Sul and Manoel Viana.

Dimension	Mean	Maximum	Minimum	Standard Deviation	Coefficient of variation n (%)
WSM (g)	0.27	0.28	0.26	0.01	3.70
PSL (mm)	10.79	11.08	10.58	0.25	2.31
ESL (mm)	7.3	7.32	7.28	0.02	0.27

Regarding the wet mass of the seeds, except for the Venâncio Aires population, all the other populations behaved similarly (Figure 4d). Graphs 4c and 4d did not present data for Venâncio Aires, as no seeds were observed inside the endocarps. However, they only showed traces of cavities without the formation of endosperm.

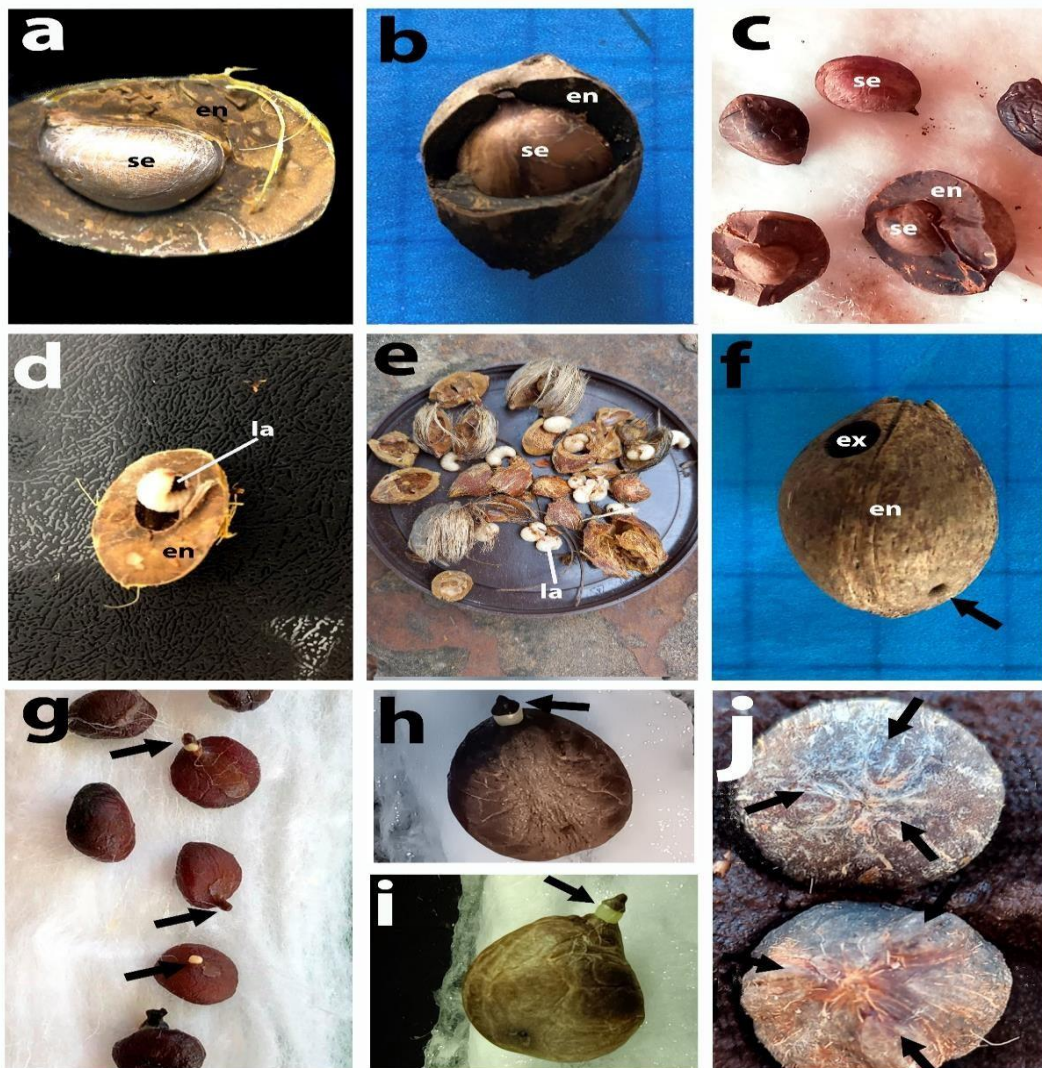


**Figure 4. Distributions of measurements and wet mass of fruits, mesocarp, pyrenes, and seeds of *x*B. nabonandii:** Bars were plotted mean  $\pm$  SEM **a.** measurement of the equatorial and polar length of the fruits and pyrenes; **b.** Wet mass of fruits, mesocarps, and pyrenes; **c.** Measurements of the equatorial and polar length of the seeds; **d.** Wet mass of the seeds. Venâncio Aires, Porto Alegre, Manoel Viana and Cachoeira do Sul, Rio Grande do Sul, Brazil.

**f) Seed presence assessment:** In the Porto Alegre population, 44 (88%) pyrenes had seeds, and 11 of these seeds were intact. The seeds were uniform in size and shape. Beetle seed contamination was documented in 24 seeds (Figures 5d-e), indicating seed vestiges in the endocarps. Additionally, in six (12%) of the pyrenes examined, no seeds nor cavities were found inside the endocarps, only traces of cavities. Similarly, in Cachoeira do Sul (BR 290), 39 (78%) pyrenes had seeds. Of those, 31 had intact seeds of varying sizes, and eight were contaminated with coleopteran larvae inside the endocarp cavity or had endocarps with holes, indicative of contamination by larvae (Figure 5f). Moreover, six (12%) endocarp cavities were empty (without seeds), and five had only traces of cavities. Of the evaluated pyrenes of Manoel Viana, 47 (97%) of the endocarps had seeds of uniform sizes, and three (6%) had only shallow marks or traces of cavities. In the municipality of Venâncio Aires, no seeds were found, and the endocarps showed a massive construction with only shallow cavity marks.

#### **4.3.4 Germination**

For the initial germination process, 48 (80%) of the 60 seeds sown did not germinate after 160 days. Regarding the seeds that did not germinate, 32 were rotten, and 16 were withered. Twelve (20%) embryos germinated, emitting the cotyledonary petiole (Figures 5g- h- i). When we evaluated the number of seeds germinated by location, the seeds from Manoel Viana had a higher germination rate, with five seeds (Figure 5g), while four seeds germinated from the individuals from Porto Alegre (Figure 5h). Finally, Cachoeira do Sul presented three germinated seeds (Figure 5i).



**Figure 5.** Aspects of pyrene morphology of  $\times$ *Butyragrus nabonnandii*. **a-b-c.** Variation of seed shape (se) in the individuals from Porto Alegre (**a**), Cachoeira do Sul (**b**), and Manoel Viana (**c**); **d-e.** Coleopteran larva (la) inside the cavities of the endocarps (en) of the individual from Porto Alegre; **f.** Exit hole (ex) in the endocarp (en): the black arrow indicates one of the subbasal pores of the endocarp; **g-h-i.** Seed germination: the black arrows indicate the protrusion of the cotyledonary petiole; **j.** The arrows indicate projections at the apex of the pyrenes, comparing the similarity of *S. romanzoffiana* with specimens of  $\times$ *B. nabonnandii* from the municipality of Venâncio Aires. Abbreviations: en (endocarp), se (seed).

#### 4.4 DISCUSSION

Our results confirm that  $\times$ *B. nabonnandii* is naturally occurring in the state of Rio Grande do Sul (GLASSMAN, 1971; NOBLICK, 2010; SOARES *et al.*, 2014a). In the literature, the only specimen collected for this hybrid on Brazilian territory was in cultivation in the municipality of São Vicente do Sul (SOARES *et al.* 2014a). The data also confirm the occurrence of the hybrid in the municipality of Porto Alegre, as previously reported by Burret (1940), but without specimen collection. Moreover, it adds three more municipalities to the occurrence area of the hybrid, all with sampled specimens.

In the literature, both naturally and under cultivation, the occurrences are primarily rare, with 1 or 2 specimens (GLASSMAN, 1971; SOARES *et al.*, 2014a), which was certainly responsible for characterizing the hybrid as rare. However, we located many specimens of the hybrid in one of the studied sites. Furthermore, we recorded the hybrid in three new sites.

In the field, *S. romanzoffiana* seems to be the male parent, while *B. odorata*, the female parent of the hybrid. Likewise, in cultivation  $\times B. nabonnandii$  is the result of crossing the pollen grain of *S. romanzoffiana* on the receptive stigmas of *Butia odorata* (NOBLICK, 2010; ROSA *et al.*, 2021). Taking into account anemophilous pollination, according to Oliveira *et al.* (2002), under natural conditions, *B. odorata* could be the female progenitor since this species is smaller than *S. romanzoffiana* (NOBLICK, 2010, 2017A; HEIDEN & SANT'ANNA-SANTOS, 2022). Moreover, *Syagrus romanzoffiana* is also recognized for its higher pollen production (BEGNINI *et al.*, 2013). Therefore, the highest probability of successful airborne pollination is a taller specimen rather than a plant of smaller stature, and it is also important to have a large production of pollen as many are lost in the environment (DRANSFIELD *et al.*, 2008). In addition, *B. odorata*, in all studied localities, is more commonly observed in the vicinity of hybrid specimens than *S. romanzoffiana*.

Notwithstanding, it is impossible to conclude about maternity or paternity in the crosses since morphological data alone do not make it possible to infer the relationship between the parents. Interestingly, specimens from Venâncio Aires presented morphological characters significantly different from the others, such as the absence of seeds and protrusions in the apical portion of the endocarp, in addition to a larger number of individuals. Therefore, does the municipality of Venâncio Aires hybrid have *B. odorata* as the male parent and *S. romanzoffiana* as the female parent? Or do the observed variations reflect a phenotypic variation?

As hybridization involves many extrinsic and intrinsic factors still poorly elucidated in the literature, the association of morphology with other branches of science, such as molecular biology, should be employed in future studies to clarify this issue. After controlling the extrinsic variables and applying the most advanced molecular biology techniques, more precise conclusions can be drawn about the paternity and maternity of the naturally-occurring  $\times Butyagrus nabonnandii$  and what caused the variation according to the studied localities.

The morpho-biometric results point to considerable variations in aspects of reproductive morphology among the samples from the four studied areas. However, the characters that varied the most are characters that commonly vary in Arecaceae species due to environmental and anthropic factors associated with genetic variability (BATISTA *et al.*, 2011; MHANHMAD *et al.*, 2011). Recently, Noblick and Sant'Anna-Santos (2021) also indicated that even characters



of leaf morphology and anatomy, considered stable for *Butia* species (SANT'ANNA-SANTOS *et al.*, 2015, 2018) and *Syagrus* (NOBLICK, 2017b), could vary when plants are exposed to different growing conditions or according to the population studied. This corroborates the high morphological diversity for species of genera of recognized complexity, such as *Butia* and *Syagrus*. Thus, in such cases is essential to sample across the entire distribution of a given species.

Moreover, when comparing the data from the present study with information from the literature (GLASSMAN, 1971; NOBLICK, 2010; SOARES *et al.*, 2014a), we observed significant variations related to both vegetative and reproductive organs. Size, for instance, in the natural environment, was significantly lower in the sampled specimens than in the cultivated hybrids reported by Noblick (2010) and Soares *et al.* (2014a). For *Butia*, there is already a record of a significant change in the size of specimens exposed to cultivation (NOBLICK, 2010). The texture of the stipe in  $\times B. nabonnandii$  is encrusted with the semi-persistent bases of the sheaths, which are evenly distributed throughout the stipe. This texture is consistent with that described by Glassman (1971) of a specimen from the municipality of Porto Alegre, one of the areas we sampled. However, both Noblick (2010) and Soares *et al.* (2014a) reported that the stipe of  $\times B. nabonnandii$  was smooth, thus demonstrating that this character is variable for the hybrid.

Regarding the number of seeds, the specimens of  $\times B. nabonnandii$  from Porto Alegre, Cachoeira do Sul, and Manoel Viana produce one seed per endocarp. However, in the literature (GLASSMAN, 1971; NOBLICK, 2010; SOARES *et al.*, 2014a), records indicate the formation of 1 to 2 seeds in specimens of  $\times B. nabonnandii$ . The data collected here for the amount and position of endocarp pores are the first report in the literature for the hybrid.

Concerning seed viability, both Noblick (2010) and Soares *et al.* (2014a) stated that the hybrid is sterile (mule palm) since its seeds do not germinate. However, in three of the four municipalities evaluated, we observed germination of part of the seeds with protrusion of the cotyledonary petiole, after 160 days of sowing, with a germination rate similar to that observed for species of the genus *Butia* (CARPENTER, 1998), indicating that this hybrid is fertile. According to Tomlinson (1990), more than 25% of all palm species require more than 100 days to germinate and present a percentage of less than 20% of total germination. These data corroborate data from other studies (MEEROW, 1969; BASKIN & BASKIN, 1998; FERNANDES, 2008; MOURA, 2010; HOFFMANN *et al.*, 2014; WALDOW *et al.*, 2013), indicating that palm species have low and non-uniform germination. Another factor contributing to the low germination rate of  $\times B. nabonnandii$  is the high incidence of insect

larvae commonly found inside the endocarp cavities. These larvae feed on the seeds of  $\times B. nabonnandii$ , as widely cited in the literature for the parents of the hybrid and other species of both genera (COSTA & KNOGGE 2005; TONIETTO & SCHLINDWEIN, 2016; MEDEIROS *et al.*, 2019; SANT'ANNA-SANTOS *et al. in press*). In our sampling, the germination rates were higher in the specimen collected in the municipality of Manoel Viana, the only place where we did not observe signs of infestation by beetle larvae.

In addition to the predation of most seeds by pollinating agents, seed dormancy is another factor to consider in the results obtained here. Reis *et al.* (2012) stated that dormancy in palm seeds, in general, is attributed to the hard endocarp that limits the flow of water and gases to the seeds through the germinal pores. However, according to Magalhães *et al.* (2013), the embryonic structure of, e.g., *B. capitata*, does not impose limitations on seed germination, as the dormancy is of a non-deep physiological type. Baskin and Baskin (2004) and Hartmann *et al.* (2002) mention Arecaceae with morphological and physiological dormancy of embryos (intrinsic factors) in which they need to complete maturity until reaching their degree of differentiation inside the seed before being able to germinate. According to Ferreira *et al.* (2010) and Pivetta *et al.* (2005), the germination of palm seeds is related, in addition to intrinsic factors, to extrinsic factors, such as climate and parasite contamination that can directly influence the low percentage of germination.

Regarding the variability of the morphometry of the fruits, we found that the fruits of the Venâncio Aires presented the largest sizes and wet mass. This phenotypic variability is consistent with data from the literature by Rivas & Barilani (2004), Rossato (2007), Moura *et al.* (2010), Schwartz *et al.* (2010), and Mistura *et al.* (2015) for *B. odorata*, which also had high variability in terms of size, epicarp color, weight and number of fruits. In the municipality of Venâncio Aires, the fruits had no seeds or cavities, similar to part of the specimens from the other populations. According to Carvalho (2020), stenospermocarpy is characterized by the formation of fruits with degeneration of the seed or embryonic abortion after egg fertilization. According to (FARIAS NETO & BIANCHINI, 2001. FIOR, 2018), not all palms produce fruits with seeds, which could suggest the development of the pericarp by parthenocarpic or stenospermocarpic processes also in  $\times B. nabonnandii$ .

Among the study areas, there was significant shape and size variability in fruits and pyrenes, as well as a variation in the external texture of the latter. In  $\times B. nabonnandii$ , the subbasal position of the endocarp pores more closely resembles the condition observed in the genus *Syagrus* than in *Butia*, where the pores are equatorial (SOARES, 2015; NOBLICK, 2010, 2017A; SANT'ANNA-SANTOS, 2021; FIRMO *et al.*, 2021). In the specimens from Venâncio

Aires, an exclusive characteristic was observed regarding the endocarp: three projections in the apical portion of the endocarp and a non-symmetrical arrangement of the pores in the subbasal portion, which contrasts with the specimens from the other evaluated areas. In the apical portion, these projections resemble the pyrenes of *S. romanzoffiana* but are more prominent (Figure 5j). Regarding the number of internal cavities of the endocarps, the hybrids from Porto Alegre, Cachoeira do Sul, and Manoel Viana presented only one cavity, mostly regularly shaped. These data differ from those described in the literature for hybrids under cultivation, in which the endocarps are described as irregular internal cavities containing one to two seeds (Glassman, 1971; Noblick, 2010; Soares *et al.* 2014).

#### 4.5 CONCLUSIONS

×*B. nabonnandii* may be a fertile hybrid in a natural environment, as we observed germination rates similar to those observed for species of Arecaceae in the literature. Furthermore, we confirmed its occurrence for the municipality of Porto Alegre and listed three new locations in the Rio Grande do Sul as areas of occurrence, with 20 specimens being observed in one of them so far, leading us to conclude that ×*B. nabonnandii* should not be considered a rare palm.

Significant phenotypic variation exists between different hybrid populations, especially regarding reproductive morphology.

It should be noted that the individuals sampled in our study, coming from the natural environment, showed morphological differences compared to the cultivated individuals reported in the literature. In addition, our study presents new morphological descriptors for the hybrid, such as ramenta's presence and the endocarp pores position.

Taking into account the aspects of vegetative morphology observed here, the hybrid is more similar to *B. odorata* than to *S. romanzoffiana* – especially the size, the disposition of the pinnae on the leaf rachis (almost regular), the remnants of the sheath on the stipe, and the presence of ramenta. When we evaluated the reproductive morphology, the inflorescences and the flowers were more like *S. romanzoffiana*. Regarding the fruits, the hybrid has more globose fruits, therefore, is more similar to *B. odorata*. Regarding the pyrenes, the shape in the hybrid (more elongated) is more similar to *S. romanzoffiana*, the subbasal position of the endocarp pores, and the occasional presence of projections in the apical region.

Thus, statistically significant trends observed in the results of this study, such as fruit size, presence or absence of seeds, and germination, could become characteristic variables of

each municipality, opening spaces for new management, conservation, and use programs for this palm tree as food, landscape, and economic resource.

### Acknowledgments

The authors are grateful to the collaborators: Dr. Antônio Batista Pereira, Dr. Filipe de Carvalho Victoria and Dr. Rubem Samuel de Avila Junior (Unipampa); Dra Cristina Moll Hüther (UFF), Ari Delmo Nilson and Dra. Priscila Porto Alegre Ferreira (Jardim Botânico de Porto Alegre), Dra. Bruna Laindorf, Patrícia Neves, Ana Paula Cassol, Maurício Cogo and Geferson Fernando Metz (Unipampa) and Kelen Pureza Soares. This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Finance Code 001.

### 4.6 REFERENCES

- BAKER WJ & DRANSFIELD J. 2016. **Beyond Genera Palmarum: progress and prospects in palm systematics**. Bot J Linn Soc 182(2): 207-233.
- BARROS JJS Neto, ALMEIDA FAC, QUEIROGA VP & GONÇALVES CC. 2014. **Sementes: estudos tecnológicos**. Aracaju: IFS, p. 285.
- BASKIN CC & BASKIN JM. 1998. **Seeds: ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination**. San Diego: Academic, 666 p.
- BASKIN JM & BASKIN CC. 2004. **A classification system for seed dormancy**. Seed Science Research 14: 1-16.
- BATISTA GS, COSTA RS, GIMENES R, PIVETTA KFL & MÔRO FV. 2011. **Aspectos morfológicos dos diásporos e das plântulas de *Syagrus oleracea* (Mart.) Becc – Arecaceae**. Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. Comunicata Scientiae 2(3): 170-176.
- BEGNINI RM, SILVA FR & CASTELLANI TT. 2013. **Fenologia reprodutiva de *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman (Arecaceae) em Floresta Atlântica no Sul do Brasil**. Rev Biotemas 26(4): 53-60.
- BIRD KA, VANBUREN R, PUZEY JR & EDGER PP. 2018. **The causes and consequences of subgenome dominance in hybrids and recent polyploids**. New Phytol 220: 87-93.
- BRASIL. 2009. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: MAPA/ACS, 399 p.
- BURRET M. 1940. Um caso de hibridação entre *Arecastrum romanzoffianum* e *Butia capitata*. Rev Rodriguésia 13: 275-278.

- CARPENTER WJ. 1988. **Seed after-ripening and temperature influence *Butia capitata* germination.** Hort Science 23(4): 702-703.
- CARVALHO VS, RIBEIRO LM, LOPES PSN, AGOSTINHO CO, MATIAS LJ, MERCADANTE-SIMÕES MO & CORREIA LNF. 2015. **Dormancy is modulated by seed structures in palms of the cerrado biome.** Am J Bot 63: 444-454.
- CARVALHO CIFS, LIMA AMN, LOBO JT, MUDO LED & SANTOS AS. 2020. **Estenoespermocarpia em frutos de mangueira e a relação com a nutrição de boro.** Rev Meio Ambiente (Brasil)2(3): 58-67.
- COSTA CJ & MARCHI ECS. 2008. **Germinação de sementes de palmeiras com potencial para produção de agroenergia.** v. 18. Planaltina: Embrapa Cerrados, p. 39-50.
- COSTA CPA & KNOGGE C. 2005. **Larval competition in weevils *Revena rubiginosa* (Coleoptera: Curculionidae) preying on seed of the palm *Syagrus romanzoffiana* (Arecaceae).** Naturwissenschaften 92: 265-268.
- DOMINGOS VC Neto & FERREIRA E JL. 2014. **Biometria de cachos, frutos e sementes da palmeira Jarina (*Phytelephas macrocarpa* Ruiz & Pavon) oriundos de fragmentos florestais primários e secundários do Leste do Acre.** Rev Enciclopédia Biosfera 10 (19): 2.765-2.775.
- DRANSFIELD J, UHL NW, ASMUSSEN CB, BAKER WJ, HARLEY MM & LEWIS CE. 2008. **Genera Palmarum The Evolution and Classification of Palms.** [place unknown]: Royal Botanic Gardens Kew, 732 p.
- ELIAS GA, SOARES KP, BORTOLUZZI RLC & SANTOS R. 2018. **Palmeiras (Arecaceae) em Santa Catarina, Sul do Brasil (Série Botânica).** Rev Iheringia 73: 88-107.
- ENGELS ME, MEYER TA & SOARES KP. 2021. **Um novo  $\times$  *Butyagrus* (Arecaceae) do Planalto Sul Brasileiro.** Hoehnea 48: e412020.
- FARIAS JT Neto & BIANCHETTI A. 2001. **Estudo do potencial genético de duas populações de Pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth, Palmae), SiF: Sociedade de Investigações Florestais.** Rev Árvore 25(4): 413-417.
- FERNANDES RC. 2008. **Estudos propagativos do coquinho azedo (*Butia capitata* (Martius) Beccari) para fins de uso sustentável na região norte de Minas Gerais.** Montes Claros: Universidade Federal de Minas Gerais. 95 p. Dissertação Mestrado em Ciências Agrárias.
- FERREIRA SADON, CASTRO AF & GENTIL DFO. 2010. **Emergência de plântulas de tucumã (*Astrocaryum aculeatum*) em função do pré-tratamento das sementes e da condição de semeadura.** Rev Bras Fruticul 32(4) 1.189-1.195.
- FIOR CS. 2011. **Propagação de *Butia odorata* (Barb. Rodr.) Noblick & Lorenzi.** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 202 p. Dissertação de Mestrado em Fitotecnia.
- FIOR CS, SOUZA PVD & SCHWARZ SF. 2013. **Emergência de Plântulas de *Butia odorata* (Barb. Rodr.) Noblick em casa de vegetação.** Rev Árvore 37: 503-510.

- FIOR CS, CALIL AC, AVRELLA ED & SCHWARZ SF. 2018. **Analysis of *Butia odorata*** (Barb. Rodr.) Noblick seeds of fruits collected at three maturation stages (Série Botânica). Rev Iheringia 73: 22-30.
- FIRMO DHT, SANTOS SA, PEREZ MEMP, SOFFIATTI P & SANT'ANNA-SANTOS BF. 2021. **Reassessing species boundaries in the *Syagrus glaucescens* complex (Arecaceae)** using leaf anatomy. Botany 99(7): 379-387.
- GLASSMAN SF. 1970. **A new hybrid in the palm genus *Syagrus*** Mart. Fieldiana – Botany 32: 241-257.
- GLASSMAN SF. 1971. **A new palm hybrid from the fairchild tropical garden.** Principes. v. 15, p. 79-88.
- GLASSMAN, SF. 1987. **Revisions of the Palm Genus *Syagrus*** Mart. and Other Selected Genera in the Cocos Alliance (Serie Illinois Biological Monographs, n. 56). [place unknown]: University of Illinois Press, 230 p.
- GLOMBI M, BACOVSKÝ V, HOBZA R & KOPECKÝ D. 2020. **Competition of Parental Genomes in Plant Hybrids.** Front Plant Sci 11: 200.
- GOULET BE, RODA F & HOPKINS FR. 2017. **Hybridization in Plants: Old Ideas, New Techniques.** Plant Physiol 173: 65-78.
- HARTMANN HT, KESTER DDE, DAVIES JR FT & GENEVE RL. 2002. **Hartmann and Kester' S Plant Propagation. Principles and practices.** 8th ed. [place unknown]: Pearson, 928 p.
- HEIDEN G & SANT'ANNA-SANTOS BF. 2022. ***Butia* (Becc). Re flora: Flora e Funga do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro.** [Internet]. Rio de Janeiro. [cited 2022 Sep 05]. Available from: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB15703>.
- HOFFMANN JF, BARBIERI RL, ROMBALDI CV & CHAVES FC. 2014. ***Butia* spp. (Arecaceae): an overview.** Sci Hortic 179: 122-131. <https://doi.org/10.1016/j.scienta>.
- KOTTEK M, GRIESER J, BECK C, RUDOLF B & RUBEL F. 2006. **World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated.** Meteorologische Zeitschrift 15(3): 259- 263.
- LIMA P & FERREIRA E JL. 2017. **Biometria de Cachos, Frutos e Sementes e Germinação de Jaciarana (*Syagrus sancona* H. Karsten. Arecaceae).** Rev Enciclopédia Biosfera 14(25): 267- 278.
- MAGALHÃES HM, LOPES PSN, RIBEIRO LM, SANT'ANNA-SANTOS BF & OLIVEIRA DMT. 2013. **Structure of the zygotic embryos and seedlings of *Butia capitata*** (Arecaceae). Trees 27(1): 273-283.
- MASETTO TE, SCALON SPQ, BRITO JQ, MOREIRA FH, RIBEIRO DM & REZENDE RKS. 2012. **Germinação e armazenamento de sementes de carandá (*Copernicia alba*).** Cerne 18 (4): 541-546.

- MEDEIROS BA, NÚÑEZ-AVELLANEDA LA, HERNANDEZ AM & FARRELL BD. 2019. **Flower visitors of the licuri palm (*Syagrus coronata*): brood pollinators coexist with a diverse community of antagonists and mutualists.** Biol J LinnSocLond 126(4): 666-687.
- MISTURA CC, BARBIERI RL, CASTRO CM, PADULOSI S & ALERCIA A. 2015. **Descriptors for on-farm conservation and use of *Butia odorata* natural populations.** Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization 14: 1-6.
- MHANHMAD S, LEEWANICH P, PUNSUVON V, CHANPRAME S & SRINIVES P. 2011. **Seasonal effects on bunch components and fatty acid composition in dura oil palm (*Elaeis guineensis*).** Afr J Agric Res 6(7): 1.835-1.843.
- MEEROW AW & BROCHAT TK. 1969. **Palm Seed Germination.** Edis-BUL274. Florida: Environmental Horticulture Department, UF/IFAS Extension, University of Florida, p. 1-11.
- MOURA RC, LOPES PSN, BRANDÃO DS Junior, GOMES JG & PEREIRA MB. 2010. **Biometria de frutos e sementes de *Butia capitata* (Mart.) Beccari (Arecaceae), em vegetação natural no Norte de Minas Gerais, Brasil.** Biota Neotrop 10(2): 415-419.
- MUSCARELLA R et al. 2020. **The global abundance of tree palms.** Global Ecology and Biogeography 29(9): 1.495-1.514.
- NOBLICK LR. 2010. *Butia*. In: LORENZI H, NOBLICK LR, KAHN F & FERREIRA E. (eds.). **Flora brasileira.** Lorenzi: Arecaceae (Palmeiras). Nova Odessa: Instituto Plantarum, p. 178-347.
- NOBLICK LR. 2012. *Syagrus* × *mirandana*, a naturally occurring hybrid of *S. coronata* and *S. microphylla*. **Palms** 56(2): 57-60.
- NOBLICK LR. 2017a. **A revision of the genus *Syagrus* (Arecaceae).** v. 294. Nova Odessa: Instituto Plantarum, p. 1-262.
- NOBLICK, L. R. 2017b. **Key to *Syagrus* identification using leaflet margin anatomy:** Supplement to "A revision of *Syagrus* (Arecaceae)". **PhytoKeys**81: 19-43.
- NOBLICK LR. 2019. **Guia para as palmeiras do nordeste do Brasil.** Feira de Santana: UEFS Editora, 91 p.
- NOBLICK LR & SANT'ANNA-SANTOS BF. 2021. **Diversity of leaf anatomy within a single leaflet and between leaflets of four *Butia* (Arecaceae, Arecoideae) species.** Phyto Keys 180: 31.
- OLIVEIRA MSP, PADILHA NCC & FERNANDES TSD. 2002. **Ecología da polinización de *Oenocarpus mapora* Karsten.** RevBrasCienc Agrar 38: 91-106.
- PIVETTA KFL, PAULA RC, CINTRA GS, PEDRINHO DR, CASALI LP, PIZETTA PUC & PIMENTA RS. 2005. **Effect of temperature on seed germination** of queen palm *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) glassman (Arecaceae). Acta Horticulturae 683: 379-381. <https://doi.org/10.17660/actahortic.2005.683.49>.
- PROSCHOWSKY, A. A. R. 1921. **Un beau palmier hybride: *Butia recastrum nabonnandii*.** *Revue Horticole* 93: 290-291.

- RIESEBERG LH & WILLIS JH. 2007. **Plant Speciation Science** 317: 910-914.
- RIFFLE RL, CRAFT P & ZONA S. 2012. **The encyclopedia of cultivated palms**. Portland: Timber Press, 520 p.
- REIS B, MERCADANTE-SIMÕES MO & RIBEIRO LM. 2012. Pericarp development in the macaw palm *Acrocomia aculeata* (Arecaceae). **RevRodriguésia** 63(3): 541-549.
- REIS GER, BEZERRA AME, GONÇALVES NR, PEREIRA MS & FREITAS JBS. 2010. **Biometria e efeito da temperatura e tamanho das sementes na protrusão do pecíolo cotiledonar de carnaúba**. *RevCiencAgronom* 41(1): 81-86.
- RIVAS M, BARILANI A. 2004. **Diversidad, potencial productivo y reproductivo de los palmares de *Butia* de Uruguay**. *RevBrasAgrocienc* VIII(1):11-20.
- RODRIGUES JK, MENDONÇA MS & GENTIL DFO. 2015. **Aspectos biométricos, morfoanatômicos e histoquímicos do pirênio de *Bactris maraja* (Arecaceae)**. *RevRodriguésia* 66(1): 75-85.
- ROSA LZ et al. 2021. **A importância da hibridização** para a preservação da variabilidade genética da família Arecaceae (palmeiras) frente a fatores antropogênicos: uma revisão sobre o caso da palmeira  $\times$  *Butyragrus nabonnandii* (Prosch) Vorste. *Research, Society and Development* 10(14): e347101422104.
- ROSSATO M. 2007. **Recursos genéticos de palmeiras do gênero *Butia* do Rio Grande do Sul**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas. 136 p. Tese Doutorado em Agronomia.
- SANT'ANNA-SANTOS BF. 2021. **A new endemic and critically endangered species of *Butia* (Arecaceae) with comments on morpho-anatomical novelties in the genus**. *Plant Syst Evolut* 307(1): 1-16.
- SANT'ANNA-SANTOS BF, CARVALHO WG Junior & AMARAL VB. 2015. ***Butia capitata* (Mart.) Becc. lamina anatomy as a tool for taxonomic distinction from *B. odorata* (Barb. Rodr.) Noblick comb. nov (Arecaceae)**. *An Acad Bras Cienc* 87(1): 71-81.
- SANT'ANNA-SANTOS BF, SANTOS SAD, NUNES EL, FRANCINO DMT & CARVALHO JÚNIOR WGO. 2018. **Does leaf anatomy aid in species identification of *Butia* (Arecaceae)?** *AoBPlants* 10(4): 1-15.
- SANTOS CS, DALMOLIN AC, SANTOS MS, SANTOS RB, LIMA TM, MOLINA JPP & MIELKE MS. 2021. **Morphometry of the fruits of *Genipa americana* (Rubiaceae): a case study from the southern coast of Bahia, Brazil**. *RevRodriguesia* 72: 1-11.
- SANTOS SRG, AGUIAR IB & SILVA SDSR. 2019. **Biometria de frutos e sementes de *Sebastiania commersoniana* (Baillon) LB Smith & RJ Downs**. *Braz Applied Science Review* 3: 1.850-1.858.
- SANTOS WC, HÜTHER CM, SILVA FC & FERREIRA VF. 2021. **Carnaubeira: há mais de dois séculos gerando empregos** Carnauba: *Braz J Development* 7: 93.852-93.870.
- SCHWARTZ E, FACHINELLO JC, BARBIERI RL & SILVA JB. 2010. **Avaliação de populações de *Butia capitata* de Santa Vitória do Palmar**. *RevBras de Frutic*32(3): 736-745.



- SOARES KP, LONGHI SJ, Witeck L Neto & ASSIS LC. 2014a. **Palmeiras (Arecaceae)** no Rio Grande do Sul, Brasil. *Palms. RevRodriguesia* 65(1), 113-139.
- SOARES KP, ASSIS, LC, GUIMARÃES CA & VIEIRA ARG. 2014b. **Four new natural hybrids of *Syagrus* from Brazil**. *Palms* 58(2): 87-100.
- STEVENS PF. 2017. **Angiosperm Phylogeny Website**. Version 14, July 2017 [and more or less continuously updated since]. will do. [cited 2022 Aug 11]. Available from: <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>
- TOMLINSON P. 1990. **The structural biology of palms**. New York: Oxford University Press, 477 p.
- TONIETTO A & SCHLINDWEIN G. 2016. **Ocurrence of *Revena plaumanni*** Bondar, 1943 (Coleoptera: Curculionidae). *Rev Bras de Frutic* 38(3): e-012.
- VIRGENS PBS, CONCEIÇÃO TA & BARBOSA RM. 2019. **Tetrazolium test to evaluate viability and vigour in *Genipa americana*** seeds. *Seed Science and Technology* 47(3): 307-318.
- WALDOW DAG, REINIGER LRS, GOLLE DP & CURTI AR 2013. **Cultivo in vitro de embriões zigóticos de *Butia eriospatha***. *Semina: Ciências Agrárias* 34: 2.179-2.188.
- YAMAGISHI-COSTA J & FORNI-MARTINS ER. 2009. **Hybridization and Polyploidy: Cytogenetic Indications for *Hoffmannseggella*** (Orchidaceae) Species Evolution. *Internat J Botany* 5(1): 93-99.
- ZUFFO AM, STEINER F, BUSCH A & ZUFFO JM Junior. 2016. **Physical characterization of fruits and seeds of (Fabaceae) *Delonix regia*** (Bojer ex Hook) Raf. (Fabaceae – Caesalpinioideae). *Internat J CurrentResearch* 8: 42.072-42.076.

**5 ARTIGO 3 – MORFOBIOMETRIA VEGETATIVA E REPRODUTIVA, COMPARATIVA ENTRE OS GENITORES *Syagrus romanzoffiana* (CHAM.) GLASSM., *Butia odorata* (BARB.RODR.) NOBLICK E O  $\times$ *Butyagrus nabonnandii* (PROSCH.) VORSTE(ARECACEAE) EM VEGETAÇÃO NATURAL DORIO GRANDE DO SUL, BRASIL**

ARTIGO SUBMETIDO A REVISTA RODRIGÉSIA EM MARÇO 2023.

**Autores**

**Lurdes Zanchetta da Rosa** (Orcid: 0000000349119670),  
**Carlos Gabriel Moreira de Almeida** (Orcid:0000000245284233),  
**Cristina Moll Hüther** (Orcid: 000-0003-0655-5966),  
**Antonio Batista Pereira** (Orcid :0000-0003-0368-4594),  
**Sofia Aumond Kuhn** (Orcid: 0000000256214054),  
**Mauricio Ricardo de Melo Cogo** (0000-0002-2885-7212),  
**Bruna Lúcia Laindorf** (0000-0002-9418-2567),  
**Velci Queiroz de Souza** (Orcid: 0000000268906015).

**ABSTRACT**

The world wide cultivation of palm trees has aroused the interest of researchers and the population in general due to their economic, ecosystemic, food, and landscape potential in their areas of occurrence. Among the species of this family in Rio Grande do Sul (RS), Brazil,  $\times$ *Butyagrus nabonnandii* and its parents, *Syagrus romanzoffiana* and *Butia odorata*, stands out. Until recently,  $\times$ *B. nabonnandii* is considered sterile due to the lack of records on seed germination. However, our group recently demonstrated the germination of the hybrids seeds from three natural populations in RS, indicating that it is fertile. The present study assessed the vegetative and reproductive morphology and biometry of  $\times$ *B. nabonnandii* and its parents infour natural populations in RS. The hybrid had characteristics common to both parents, in addition to unique ones. The comparative morphological characterization of individuals in natural environments and their parents is necessary to understand patterns of phenotypic variability and distribution of genetic diversity between and within populations, to support programs aiming at the recovery, maintenance, and sustainable use of these resources.

**Key words:** intergeneric hybrid, comparative morphometry, palm trees, mule palm.

## RESUMO

O cultivo mundial de palmeiras tem despertado o interesse de pesquisadores e da população no geral, devido ao seu potencial econômico, ecossistêmico, alimentar e paisagístico que desempenham nas áreas de ocorrência. Dentre os *taxa* dessa família, no Rio Grande do Sul (RS), Brasil, destacam-se  $\times$ *Butyagrus nabonnandii* e seus progenitores, *Syagrus romanzoffiana* e *Butia odorata*. Tradicionalmente,  $\times$ *B. nabonnandii* é considerado estéril pela falta de registros de germinação de suas sementes. Entretanto, nosso grupo demonstrou recentemente a germinação de sementes do híbrido originadas de três populações naturais do RS. O presente trabalho avaliou e aferiu a morfologia vegetativa e reprodutiva de  $\times$ *B. nabonnandii*, comparando-as com seus progenitores em quatro populações naturais do RS. O híbrido apresentou características comuns a ambos os genitores, além de características exclusivas. A caracterização morfológica comparativa de indivíduos estabelecidos em ambientes naturais e seus progenitores é necessária para compreender padrões de variabilidade fenotípica e distribuição da diversidade genética inter e intrapopulacional, com o intuito de subsidiar medidas de recuperação, manutenção e uso sustentável desses recursos.

**Palavras-chave:** híbrido intergênero, morfometria comparativa, palmeiras, palmeira mula.

### 5.1 INTRODUCTION

Arecaceae is the family of palm trees, comprising approximately 2,600 species distributed in 181 genera, inhabiting ecosystems of the tropical and temperate regions of the planet (BAKER WJ & DRANSFIELD J, 2016; LORENZI *et al.* 2010; STEVENS, 2017).

This family presents high genetic diversity and is notable in its range of occurrence due to its shape, size, ecological, economic, and nutritional characteristics (FLORA DO BRASIL, 2020; NOBLICK, 2010; MUSCARELLA, 2020).

Researchers such as Dransfield *et al.* (2008) highlighted the growing worldwide interest in palm cultivation. The diversity of genera, species, and hybrids available to nurseries, collectors, and farmers has increased, particularly in the last twenty years, due to their potential in landscaping and as fruit and seed food resources (ELIAS *et al.* 2018; NOBLICK, 2010).

Among the Arecaceae in Rio Grande do Sul, stand out *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassm., *Butia odorata* (Barb.Rodr.) Noblick and their hybrid,  $\times$ *Butyagrus nabonnandii* (Prosch.) Vorste (NOBLICK, 2010; SOARES *et al.* 2014a). These *taxa* constitute a very

peculiar plant group in landscaping and recovery of anthropized areas and ecosystem value (FIOR *et al.*, 2013; NOBLICK, 2010; SOARES *et al.* 2014b).

×*Butyagrus nabonnandii* (Prosch.) Vorste is a palm tree that originated from the cross between *S. romanzoffiana* and *B. odorata*, naturally occurring in Rio Grande do Sul, Uruguay, and Argentina, where their parents usually grow syntopically. (GLASSMAN, 1971; NOBLICK, 2010; SOARES *et al.* 2014a). The fruits of these palms are edible and consumed by wildlife and the inhabitants of the region (NOBLICK, 2010). It became popularly known as the mule palm due to the lack of records on seed germination (GLASSMAN, 1971; NOBLICK, 2010; SOARES *et al.* 2014a). However, Rosa *et al.* 2023, recently showed that this hybrid is fertile since its seeds germinate.

In the literature (Glasmann, 1971; Noblick, 2010, 2012, 2017; Noblick & Sant 'Anna-Santos, 2021; Soares *et al.* 2014a), vegetative and reproductive characteristics of ×*B. nabonnandii* were described mostly from cultivated or herborized specimens, without comparing them to their parents.

Comparative morpho-biometry of naturally occurring × *B. nabonnandii* and its parents will help identify these palm trees, especially in fieldwork as shown for other palms (Sant 'Anna-Santos BF. 2021; Santos *et al.* 2021). Moreover, the recognition of the characteristics of × *B. nabonnandii* will be important for projects of sustainable use of its resources, seedlings' preservation and propagation by nurseries and landscapers, and management and conservation programs, thus preventing the predatory extraction of palm trees. (Rosa *et al.* 2021).

Therefore, this study aimed to analyze the vegetative and reproductive morphology comparatively between × *B. nabonnandii* and its parents, *B. odorata* and *S. romanzoffiana*, in four natural populations in Rio Grande do Sul, Brazil.

## 5.2 MATERIAL AND METHODS

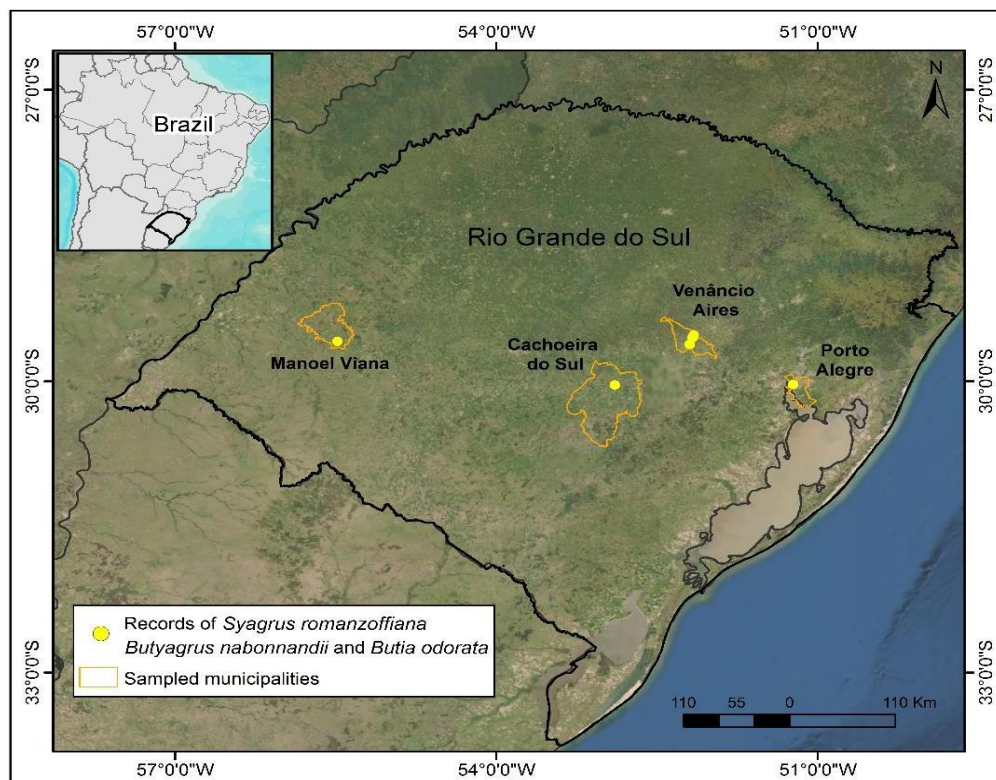
### Data collection and analysis

Collections for the morphometric analysis of vegetative and reproductive structures using adult and fertile plants occurred between January 2021 and December 2022. Fourteen excursions were carried out in four natural populations of *S. romanzoffiana*, *B. odorata*, and ×*B. nabonnandii*, totaling 18 individuals accessed, distributed in the municipalities of Cachoeira do Sul (30° 02' 21" S, 52° 53' 38" W), Manoel Viana (29° 35' 21" S, 55° 28' 58" W), Porto Alegre (30° 01' 58" S, 51° 13' 48" W) and Venâncio Aires (29° 31' 26" S, 52° 09' 25" W;

29° 33' 05" S, 52° 10' 05" W; 29° 37' 08" S, 52° 11' 40" O). In Venâncio Aires, due to the occurrence of a larger number of individuals, three locations were collected, one hybrid group and its parents in the urban area and two groups in the rural area (Fig. 1).

Wild specimens were photographed in the field, when plants' height, stem height, and diameter were measured. Additionally, leaves, inflorescences, and infructescences were collected for comparative morphometry. The images were obtained using a Sony a3000 ILCE digital camera with an 18 -55 mm lens and a 25 mm sensor.

Herborizations followed the techniques of Peixoto & Maia (2013). One voucher for each specimen was deposited in Herbarium Bruno Edgar Irgang (HBEI) from the Department of Biological and Forest Sciences of the Federal University of Campo (Unipampa), São Gabriel Campus, Rio Grande do Sul, Brazil. The voucher numbers of hybrids are HBEI1641 (Cachoeira do Sul), HBEI1642 (Manoel Viana), HBEI1640 (Porto Alegre), and HBEI1638 (Venâncio Aires). The vouchers of *B. odorata* are HBEI1651 (Cachoeira do Sul), HBEI 1632 (Manoel Viana), HBEI1653 (Porto Alegre), and HBEI1647 (Venâncio Aires). The vouchers of *S. romanzoffiana* are (Cachoeira do Sul), HBEI1645 (Manoel Viana), HBEI1654 (Porto Alegre), and HBEI1648 (Venâncio Aires).



**Figure 1.** Image of the naturally occurring  $\times$  *B. nabonnandii*, *S. romanzoffiana* and *B. odorata*. Each yellow dot on the map indicates the place of natural occurrence and collection of plant material of the hybrid and its parents in the municipalities of Cachoeira do Sul, Manoel Viana, Porto Alegre and Venâncio Aires, in Rio Grande do Sul, Brazil.

### 5.3 MORPHOMETRY

For the evaluation of vegetative and reproductive morphometry, fertile adult palm trees of *S. romanzoffiana*, *B. odorata*, and  $\times$ *B. nabonnandii* with inflorescences, infructescences, and fully developed leaves were selected. The terminology used for morphometric measurement and evaluation follows (Dransfield *et al.* 2008; Glassman, 1971; Noblick, 2010, 2017; Soares *et al.* 2014a; Soares *et al.* 2014b; Sant 'Anna-Santos, 2021).

We adopted methods described elsewhere for the morphometry of fruits, pyrenes, and seeds (Brasil, 2009; Fior *et al.* 2018). The data used for the statistical analysis were entirely random and included a set of 18 naturally occurring individuals from four populations. Fruits were manually collected from the infructescences, and 20 were selected from each specimen per municipality, totaling 360 fruits evaluated. In this analysis, the variables tested were: equatorial fruit length (EFL), polar fruit length (PFL), equatorial pyrene length (EPL), polar pyrene length (PPL), equatorial seed length (ESL), polar seed length (PSL), fruit wet mass (FWM), mesocarp wet mass (MWM), pyrene wet mass (PWM), and seed wet mass (SWM).

The wet mass of fruits, mesocarp, pyrene and seeds was determined with the aid of an analytical digital scale (CHJ model MH-200) with a resolution of 0.01 g (Lima & Ferreira, 2017; Muscarella *et al.*, 2020). The polar and equatorial lengths of the fruits, pyrenes, and seeds were measured using a stainlesssteel digital caliper (MTX) with a resolution of 0.01 cm. Measurements of the tree and stem heights, and diameter at breast height (DBH) were made using a flexible measuring tape and a 20 cm culm. The methodology of Schwartz (2010) for estimating the number of flowers per inflorescence was followed.

The pyrenes of 20 fruits per specimen were separated by depulping of the mesocarp. Then the pyrenes were then dried in the shade for ten days to facilitate seedrelease. Afterward, the seeds were extracted from the pyrenes by manual fractionation with a hammer or sawing with a 12-inch fine-blade in a size 3 bench vise, according to Brazil (2009).

The values of each variable were submitted to bidirectional analysis of variance (2- way ANOVA) for multiple comparisons of quantitative data. Prism GraphPad (version 6.0, GraphPad Software Inc, San Diego, California) was used for the analysis, with the results presented as mean  $\pm$  standard error of the mean (SEM) and considered significant when  $p < 0.05$ .

## 5.4 RESULTS AND DISCUSSION

The results of the morphological evaluation are detailed in Table 1, where it is possible to identify similarities and dissimilarities of vegetative and reproductive characteristics between the hybrid and its parents, as well as the characteristics of the hybrid. These data are consistent with the methodological models described in (Glassman, 1971; Noblick, 2010, 2012, 2017; Soares *et al.* 2014a; Engels *et al.* 2021).

**Table 1. Comparative qualitative characteristics of adult reproductive plants of  $\times B.$  *nabonnandii*, *S. romanzoffiana* and *B. odorata*.**

Characteristic	$\times B.$ <i>nabonnandii</i>	<i>S. romanzoffiana</i>	<i>B. odorata</i>
<b>Habit</b>	Solitary	Solitary	Solitary
<b>Stem shape</b>	Cylindrical and upright	Cylindrical and upright	Cylindrical and upright
<b>Leaf sheath persistence in the stem</b>	Semipersistent, some basal portions scatter throughout the stem	Caducous, leaving ringed scars throughout the stem	Persistent throughout most of the stem
<b>Leaf type and arrangement in the rachis</b>	Pinnate, slightly arched, shiny dark green; pinnae (sub)opposite, somewhat straight	Pinnate, slightly arched, giving the leaf a feathery appearance, shiny dark green; the pinnae are inserted in divergent planes on the rachis	Pinnate; not feathery; grayish-green; pinnae inserted approximately in the same planes forming a "V" on the rachis
<b>Leaf arrangement on the stem</b>	Contemporary, arranged in a crown at the top of the stem	Contemporary, arranged in a crown at the top of the stem	Contemporary, spirally arranged in a crown at the top of the stem
<b>Pseudopetiole margins</b>	Fibrous, with flexible fibers and slightly dented near the base, becoming smooth near the apex	Fibrous, with soft fibers near the base, becoming smooth near the apex	Fibrous near the base, becoming thick or finely dentate near the apex
<b>Pinnae grouping</b>	The first four pinnae are grouped at the base of the rachis	The first four pinnae are grouped at the base of the rachis	The first four pinnae are grouped at the base of the rachis
<b>Ramenta (persistent scales)</b>	Present on the abaxial surface in the basal portion of the pinnae; brown, scale-like	Absent	Present on the abaxial surface in the basal portion of the pinnae; brown, scale-like
<b>Pinnae tips</b>	Slightly acuminate, with asymmetrical apex	Slightly acuminate, with asymmetrical apex	Acuminate, with symmetrical apex
<b>Peduncular bract texture, notch, and shape</b>	Canoe-shaped, woody, glabrous, with outer longitudinal grooves (varying from shallow to deeply grooved), ending in	Canoe-shaped, woody, glabrous with outer longitudinal grooves (varying from shallow to deeply grooved), ending	Canoe-shaped, woody, glabrous, smooth, ending in an expanded tip shaped like a small beak.

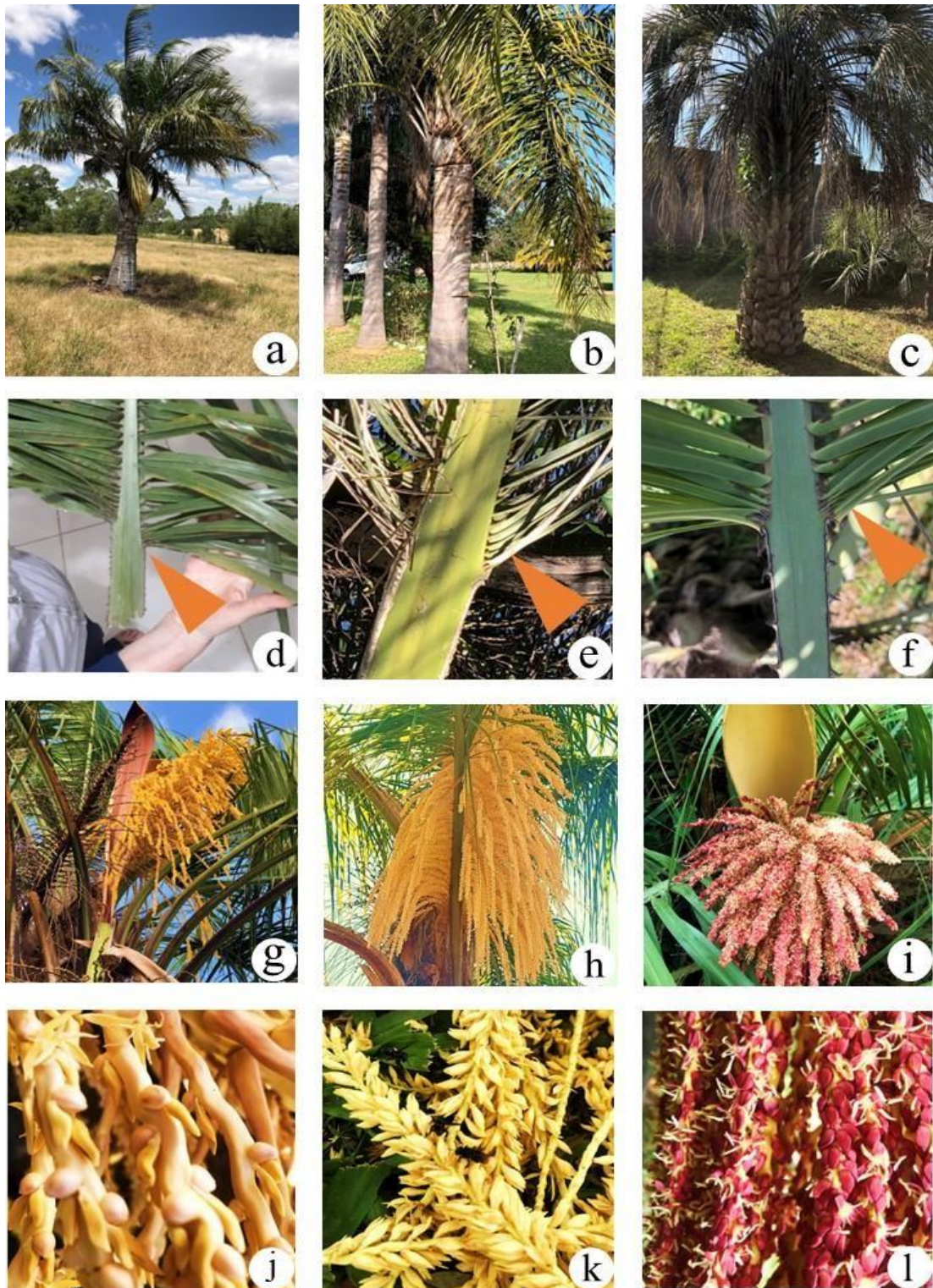
	a beak- shaped expanded tip	in a beak- shaped expanded tip	
<b>Inflorescence type and color</b>	Panicle, yellow-orange	Panicle, pastel yellow	Panicle, varying from pastel yellow to pinkish red
<b>Flowers</b>	Staminate and pistillate, organized in triads from the base up to the middle of the rachillae; usually only with staminate flowers at the terminal portion of the rachillae	Staminate and pistillate, organized in triads from the base up to the middle of the rachillae; usually only with staminate flowers at the terminal portion of the rachillae	Staminate and pistillate, organized in triads from the base up to the middle of the rachillae; usually only with staminate flowers at the terminal portion of the rachillae
<b>Fruits</b>	In infructescence; ovoid to globose, yellow with or without brownish streaks at the apex; fleshy drupe with sweet, fibrous, and slightly mucilaginous mesocarp; containing a pyrene	In infructescence; ovoid to slightly globose, yellow; fleshy drupe with sweet, fibrous, and mucilaginous mesocarp; containing a pyrene	In infructescence; globose, ranging from yellow, orange, orange-reddish to purple; a fleshy succulent drupe, usually sweet; containing a pyrene
<b>Form, texture, and position of pores in pyrene</b>	Ovoid; stony/woody; with three pores, arranged symmetrically to slightly asymmetrically in the basal region; sometimes with three protrusions in the apical region	Ovoid; stony/woody; with three symmetrically arranged pores in the basal region; with traces of three apical protrusions	Globose and smooth. Stony/woody, with three pores in the equatorial region
<b>Shape and number of endocarp cavities</b>	Regular, symmetrical or vestigial, unilocular	Irregular, asymmetrical, and unilocular	Regular, symmetrical, uni to trilocular
<b>Seed presence and shape</b>	Present or absent, cordiform	Present, gibbous to uncinata	Present, cordiform
<b>Seed infestation</b>	Larvae of Coleopteran insects.	Larvae of Coleopteran insects.	Larvae of Coleopteran insects.
<b>Germination</b>	Present, late, and heterogeneous among the populations studied	Present, late, and uniform	Present, late, and uniform
<b>Phenology</b>	Flowering and fruiting year around, with greater productivity from October to March	Flowering and fruiting year around, with greater productivity from October to March	Flowering and fruiting from October to March

When analyzing table 1, it is observed that the  $\times$  *B. nabonnandii* is closer to its parents *S. romanzoffiana* and *B. odorata* regarding habit, size (Fig. 2a-c); leaf type and arrangement of the first four pinnae at the base of the rachis (Fig. 2d-f); panicle inflorescence (Fig. 2g-i); staminate and pistillate flowers in triads (Fig. 2j-l); infructescences with drupe fruits (Fig. 3a-c); edible fruits and the presence of a pyrene (Fig. 3d-f); presence of a peduncular bract (Fig.



3g-i) stony or woody texture of the endocarp (Fig. 4j-i); seeds (Fig. 4j-i) may be infested by coleopteran larvae and germinate slow or late .

×*Butyagrus nabonnandii* (Prosch.) Vorste is similar to the *S. romanzoffiana* in the following characters: margins of non-armed pseudopetioles formed by lightly thickened fibers (Fig. 2d-f); location of the germinal pores in the endocarp: *S. romanzoffiana* with three pores symmetrically located in the basal region (Fig. 4a); × *B. nabonnandii* with three pores symmetrically or asymmetrically located in the basal region (Fig. 4b). Presence of three discrete projections in the apical region of the endocarp in *S. romanzoffiana* (Fig. 4d); with three protruding projections in the apical region of the endocarp in × *B. nabonnandii* (Fig. 4e).



**Figure 2. Morphometry of plant, leaf, inflorescence and raquillae.** a-c. Plant morphometry. a. *x B. naborandii*. b. *S. romanzoffiana*. c. *B. odorata*. d-f. Leaf morphometry. d. *x B. naborandii* leaf. e. *S. romanzoffiana* leaf. f. *B. odorata* leaf. Orange arrows indicate the groupings of the first four pinnae. g-i. Inflorescence morphometry. g. *x B. naborandii* inflorescence. h. *S. romanzoffiana* inflorescence. i. *B. odorata* inflorescence. j- l. Rachillae morphometry. j. *x B. naborandii* rachillae. k. *S. romanzoffiana* rachillae. l. *B. odorata* rachillae.

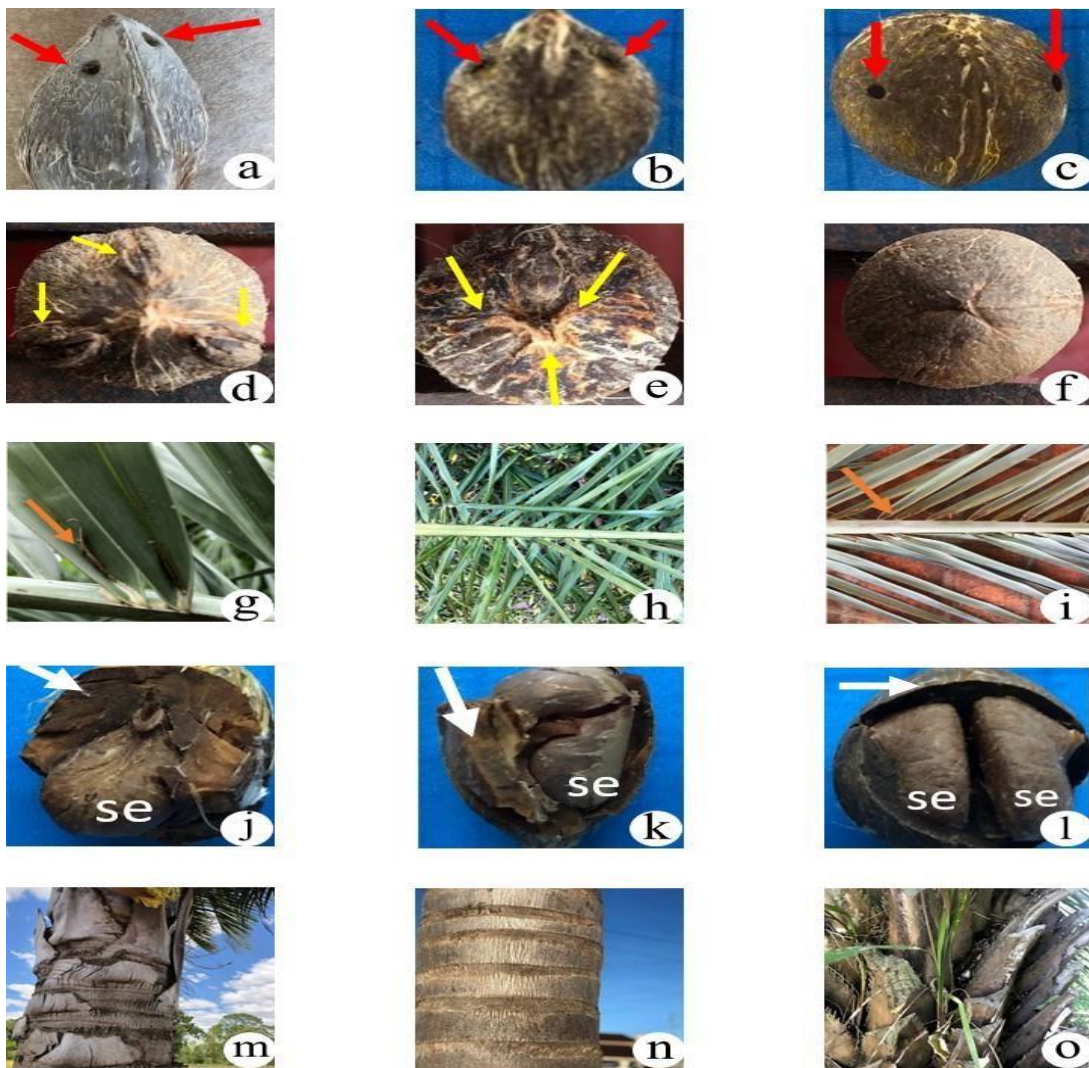




**Figure 3. Fruit and bract morphometry.** a-c. Infructescence morphometry. a. *x B. nabonnandii* infructescence. b. *S. romanzoffiana* infructescence. c. *B. odorata* infructescence. d. From left to right: whole fruit, sectioned fruit, endocarp with and without seed, pyrene and seed from *x B. nabonnandii*. e. From left to right: whole fruit, pyrene, endocarp with and without seed and seed from *S. romanzoffiana*. f. From left to right: Whole fruit, pyrene, endocarp with and without seeds showing the locules and seeds from *B. odorata*. g-i. Bract morphometry. g. *x B. nabonnandii* bract. h. *S. romanzoffiana* bract. i. *B. odorata* bract.

*xButyagrus nabonnandii* (Prosch.) Vorste is similar to *B. odorata* in the following characters: leaves slightly arched, presence of ramenta or cataphiles on the abaxial surface in the basal portion of the brownish scaly pinnae (Fig. 4h), ramenta in *B. odorata* (Fig. 4i); in *B. odorata*, the pinnae inserted on each side of the rachis at “V” shaped angles (Fig. 4i). The symmetrical endocarp cavity with the cordiform seed and prominent operculum (Fig. 4k-l).

×*Butyagrus nabonnandii* (Prosch.) Vorste presents intermediate characteristics between its parents such as: the pinnae inserted on each side in the rachis, somewhat straight, slightly arched in the canopy; presence of semi-persistent bases of the sheaths scattered along the stem (Fig. 4n) while *S. romanzoffiana* presents the texture of the stem with annealed marking of the bases of the remaining sheaths (Fig. 4m) and *B. odorata* presents persistent sheaths throughout the stem (Fig. 4).



**Figure 4. Comparative vegetative morphometry between *x B. nabonnandii*, *S. romanzoffiana* and *B. odorata*.** **a-c.** The red arrows indicate the endocarp basal pores. **a.** *x B. nabonnandii*. **b.** *S. romanzoffiana*. **c.** *B. odorata*. **d-f.** The yellow arrows indicate the apical endocarp projections. No apical projections were found on the endocarp of *B. odorata*. **d.** *x B. nabonnandii*. **e.** *S. romanzoffiana*. **f.** *B. odorata*. **g-i.** Pinnae and ramenta morphometry. The orange arrows indicate the ramenta. *S. romanzoffiana* has no ramenta. **g.** *x B. nabonnandii* pinnae with ramenta. **h.** *S. romanzoffiana* pinnae with no ramenta. **i.** *B. odorata* pinnae with ramenta. **j-l.** Endocarps and seeds. White arrows point to endocarps, “se” stands for “seeds”. **j.** *x B. nabonnandii* endocarp with one seed. **k.** *S. romanzoffiana* endocarp with one seed. **l.** *B. odorata* endocarp with two seeds. **m-l** stem morphometry. **m.** *x B. nabonnandii* stem. **n.** *S. romanzoffiana* stem. **o.** *B. odorata* stem.

The results of the comparative reproductive morphometry between  $\times B. nabonnandii$  and its parents *S. romanzoffiana* and *B. odorata* are detailed in Tables 2-4. These data are consistent with the methodological models described in (Engels *et al.*, 2021; Glassman, 1971; Noblick, 2010, 2012, 2017; Soares *et al.* 2014a; Sant 'Anna-Santos, 2021). For more information on parents, see Lorenzi *et al.* (2010), Soares *et al.* (2014) Noblick (2017).

**Table 2. Stem, Leaf and Peduncular Bract Biometrics.**

<b>Stem biometrics</b>	$\times B. nabonnandii$	<i>S. romanzoffiana</i>	<i>B. odorata</i>
<b>Stem Height (m)</b>	2.52 $\pm$ 1.22	6.34 $\pm$ 1.51	3.45 $\pm$ 0.56
<b>DBH (m)</b>	0.51 $\pm$ 0.07	0.41 $\pm$ 0.04	0.58 $\pm$ 0.03
<b>Plant Height</b>	3.91 $\pm$ 1.31	7.37 $\pm$ 1.31	4.25 $\pm$ 1.39
<b>Leaf Biometrics</b>	$\times B. nabonnandii$	<i>S. romanzoffiana</i>	<i>B. odorata</i>
<b>Total length of leaves (m)</b>	4.45 $\pm$ 0.40	4.90 $\pm$ 0.65	2.65 $\pm$ 0.38
<b>Petiole length (m)</b>	1.27 $\pm$ 0.21	1.31 $\pm$ 0.35	0.92 $\pm$ 0.23
<b>Sheath Length (cm)</b>	72.81 $\pm$ 2.57	41.27 $\pm$ 4.65	37.23 $\pm$ 3.21
<b>Median portion of sheath (cm)</b>	26.93 $\pm$ 4.73	47.32 $\pm$ 5.11	15 $\pm$ 2.78
<b>Rachis length (m)</b>	3.05 $\pm$ 0.43	3.87 $\pm$ 0.51	1.88 $\pm$ 0.32
<b>Median rachis' midrib circumference (cm)</b>	3.52 $\pm$ 1.07	4.01 $\pm$ 1.37	1.75 $\pm$ 1.11
<b>Total number of pinnae</b>	259 $\pm$ 29.28	443.2 $\pm$ 12.09	131 $\pm$ 13.45
<b>Median pinna length (cm)</b>	82.5 $\pm$ 10.11	90.4 $\pm$ 14.79	61 $\pm$ 8.79
<b>Median pinna width (cm)</b>	2.66 $\pm$ 0.47	3.89 $\pm$ 0.51	3.19 $\pm$ 0.53
<b>Biometry of the Peduncular Bract</b>	$\times B. nabonnandii$	<i>S. romanzoffiana</i>	<i>B. odorata</i>
<b>Length (m)</b>	1,81 $\pm$ 0.10	2.11 $\pm$ 0.21	1.12 $\pm$ 0.13
<b>Apex (cm)</b>	13.38 $\pm$ 5.08	8.39 $\pm$ 3.14	13.23 $\pm$ 4.35
<b>Outer perimeter (cm)</b>	24.72 $\pm$ 7.06	33.08 $\pm$ 7.74	22.54 $\pm$ 5.36

When evaluating table 2, it is observed that in the biometrics of stem height, DBH and plant height (m), they present statistically similar lengths between  $\times B. nabonnandii$  and *B. odorata*, and statistically different between  $\times B. nabonnandii$  and *S. romanzoffiana* ( $p < 0.05$ ). Leaf biometry (Table 2) was statistically similar in length between  $\times B. nabonnandii$  and *S. romanzoffiana*, but statistically different between  $\times B. nabonnandii$  and *B. odorata* ( $p < 0.05$ ).



Peduncular bract (Table 2) was statistically similar in length between  $\times B. nabonnandii$  and *S. romanzoffiana*, but statistically different between  $\times B. nabonnandii$  and *B. odorata* ( $p < 0.05$ )

**Table 3. Inflorescence biometrics.**

<b>Inflorescence Biometrics</b>	<b><math>\times B. nabonnandii</math></b>	<b><i>S. romanzoffiana</i></b>	<b><i>B. odorata</i></b>
<b>Total length (cm)</b>	156.5 $\pm$ 5.56	168.5 $\pm$ 11.79	114.3 $\pm$ 6.43
<b>No. of basal rachillae</b>	49.5 $\pm$ 20.43	41.23 $\pm$ 9.47	18.32 $\pm$ 4.76
<b>No. of median rachillae</b>	87.75 $\pm$ 8.65	116.4 $\pm$ 18.79	125.6 $\pm$ 27.4
<b>No. of apical rachillae</b>	81.3 $\pm$ 26.52	78.1 $\pm$ 21.03	19.4 $\pm$ 7.38
<b>Total number of rachillae</b>	219.5 $\pm$ 29.14	234.2 $\pm$ 21.04	162.4 $\pm$ 21.3
<b>Length of basal rachillae (cm)</b>	58.75 $\pm$ 7.45	63.21 $\pm$ 6.51	56.32 $\pm$ 5.34
<b>Length of median rachillae (cm)</b>	47.5 $\pm$ 10.84	45.12 $\pm$ 5.32	43.21 $\pm$ 9.89
<b>Length of apical rachillae (cm)</b>	28.5 $\pm$ 17.13	35.17 $\pm$ 4.76	20.1 $\pm$ 11.38
<b>No. of female flowers</b>	16,245 $\pm$ 6,960	17,610 $\pm$ 1,239	3,097 $\pm$ 1,151
<b>No. of male flowers</b>	51,584 $\pm$ 18,485	58,210 $\pm$ 1,439	22,128 $\pm$ 9,147
<b>Female flower length (mm)</b>	6.82 $\pm$ 0.73	00 $\pm$ 00	5.43 $\pm$ 0.54
<b>Female flower width (mm)</b>	5.65 $\pm$ 0.66	5.43 $\pm$ 0.54	4.98 $\pm$ 0.35
<b>Male flower length (mm)</b>	10.31 $\pm$ 0.75	11.09 $\pm$ 0.35	9.69 $\pm$ 0.58
<b>Male flower width (mm)</b>	13.13 $\pm$ 4.73	12.43 $\pm$ 0.27	11.32 $\pm$ 3.88
<b>No. of stamens</b>	6	6	6
<b>No. of male petals</b>	3	3	3
<b>No. of female petals</b>	3	3	3

When evaluating Table 3, it is observed that in the inflorescence biometry, it presents statistically similar lengths and number of rachillae between  $\times B. nabonnandii$  and *S. romanzoffiana*, and statistically significant differences between  $\times B. nabonnandii$  and *B. odorata*. Regarding the length of the rachillae, length and width of the pistillate and staminate flower, number of stamens, petals and sepals, similarities were observed between the three taxa ( $p < 0.05$ ).

Table 4. Fruit, pyrene and seed biometrics

<b>Fruit, pyrene and seed biometrics</b>	<b>× <i>B. nabonnandii</i></b>	<b><i>S. romanzoffiana</i></b>	<b><i>B. odorata</i></b>
<b>Equatorial and polar fruit length (mm)</b>	23.1 ± 5.63 x 24.1 ± 3.7	18.4 ± 2.42 x 22.5 ± 2	26.6 ± 3.2 x 23.3 ± 3
<b>Fruit wet mass (g)</b>	9.8 ± 4.74	2.92 ± 3.02	14.52 ± 3.51
<b>No. of pyrenes</b>	1	1	1
<b>Equatorial and polar length of pyrene (mm)</b>	13.7 ± 0.7 x 21.2 ± 1.5	12.1 ± 0.2 x 22 ± 0.2	14.2 ± 0.34 x 17.9 ± 0.6
<b>Wet mass of pyrene (g)</b>	2.40 ± 0.55	1.79 ± 0.40	2.32 ± 0.45
<b>No. of Pores of Pyrene</b>	3	3	3
<b>No. of endocarp cavities</b>	1	1	1-3
<b>equatorial and polar seed length (mm)</b>	7.3 ± 0.02 x 10.8 ± 0.1	7 ± 0.03 x 10.6 ± 0.2	9.5 ± 0.03 x 11.9 ± 0.04
<b>Seed wet mass (g)</b>	0.27 ± 0.01	0.26 ± 0.02	0.44 ± 0.06
<b>No. of seeds</b>	0-1	1	1-3

When evaluating table 4, it is observed that in the biometrics of the mature fruit, it presents statistically similar equatorial length between × *B. nabonnandii* and *S. romanzoffiana* and statistically different between × *B. nabonnandii* and *B. odorata*. As for the polar length, similarities are observed between the three specimens. When evaluating the wet mass of the fruit, there is a similarity between × *B. nabonnandii* and *B. odorata* and dissimilarity between × *B. nabonnandii* and *S. romanzoffiana*. When the number of pyrenes is evaluated, similarity is observed between the three specimens,  $p < 0.05$ ).

When assessing the biometry of pyrene, the equatorial and polar length are statistically similar between × *B. nabonnandii* and *S. romanzoffiana* and statistically different between × *B. nabonnandii* and *B. odorata*. When assessing the wet mass and number of pores of pyrenes, it is observed that they are statistically similar between the three specimens ( $p < 0.05$ ).

When evaluating the number of cavities in the endocarps, a similarity was observed between × *B. nabonnandii* and *S. romanzoffiana* and statistically different between × *B. nabonnandii* and *B. odorata* ( $p < 0.05$ ).

When assessing the biometry of pyrene, the equatorial and polar lengths are statistically similar between × *B. nabonnandii* and *S. romanzoffiana* and statistically different between × *B.*

*nabonnandii* and *B. odorata*. The wet mass and the number of seeds are more similar statistically between  $\times B. nabonnandii$  and *S. romanzoffiana* and statistically different, between  $\times B. nabonnandii$  and *B. odorata* ( $p < 0.05$ ).

The results of this work confirm that  $\times B. nabonnandii$  has a natural occurrence in the state of Rio Grande do Sul, where, generally, its progenitors grow close (Elliott *et al.*; Glassman 1971; Noblick 2010; Soares *et al.* 2014a). They were located in the municipalities of Venâncio Aires, Cachoeira do Sul, Manoel Viana, and Porto Alegre, data also confirmed by Rosa *et al.* 2023 (submitted).

The sampling data in the tables, in these four areas studied, show considerable variations in relation to the comparative morphometry between the hybrid and its parents. It was observed that the characters that varied the most in this study were: plant height; stem texture; insertion of the pinnae in the rachis; presence of ramenta; size and quantity of fruits; amount of fibers and mucilage in the mesocarp; pyrene shape; pore arrangement in the endocarp and the presence of projections in the apical portion of the pyrene. Accordingly, variation in the wet mass, size and quantity of fruits in Arecaceae specimens may result from the actions of environmental and anthropogenic factors associated with genetic variability (Mhanhmad *et al.* 2011). Noblick and Sant 'Anna-Santos (2021) indicate that even characters of leaf morphology and anatomy, considered stable for *Syagrus* (Noblick, 2017) and *Butia* species (Sant'Anna-Santos *et al.* 2015, 2018), may vary according to the population studied and different environmental conditions.

These studies agree with the authors (Lorenzi *et al.*, 2010; Noblick, 2010; Soares *et al.* 2014a) on the high morphological diversity for *B. odorata*, while *S. romanzoffiana* is more stable. These data also call attention to the importance of a large sampling that encompasses the maximum distribution of these individuals.

The  $\times B. nabonnandii$  determined with the parents *S. romanzoffiana* and *B. odorata* the following characteristics: solitary habits, vertical cylindrical size of the stem tip, pinnate leaves, peduncular bracts, paniculate inflorescence, staminate and pistillate flowers in triad along the rachillae, fruit drupe type edible with fleshy and fibrous mesocarp, a single pyrene in the fruit with thick and stony endocarp, presence of seeds, mainly. This similarity pointed out in the vegetative and reproductive characteristics is in line with studies by (Engels *et al.* 2021; Heiden & Sant'Anna-Santo, 2022; Glassman, 1971; Noblick, 2010; Soares *et al.* 2014a).

The results corroborated by Rosa *et al.* 2023, also point out that  $\times B. nabonnandii$  shares characteristics common to *S. romanzoffiana* in relation to the presence of mucilage in the fruit mesocarp, the ovoid form and the basal arrangement of the germinal pores and apical projections in the pyrene, in addition to the unilocular endocarp with a seed. Regarding the



similarity of the characteristics with *B. odorata*, the data indicate the presence of ramenta on the abaxial surface next to the midrib, arrangement of the pinnae in the rachis, and ovoid to cordiform shape of the seed with prominent operculum.

The results reveal striking and novel characters unique to the hybrid, such as the texture of the stem, marked by semi-persistent sheaths encrusted sparsely throughout its length, as well as the basal germinal pores in the pyrene with variation from symmetrical to asymmetric. Both Noblick (2010) and Soares *et al.* (2014a) reported a smooth texture of the stem  $\times$  *B. nabonnandii*, evidencing the variability of this character. Recently, Rosa *et al.* 2023 corroborated in the evaluation of these characters and went further by suggesting that the hybrid is closer to *B. odorata* in relation to the size of the palm tree and presence of ramenta on the abaxial surface of the pinnae. However, the morphological data alone do not support the relationship formed between the crosses in the parents, making it impossible to state, precisely, about the fatherhood and/or motherhood of the hybrid. Future studies such as molecular and anatomical analysis are needed to more accurately address the parentage in palm trees.

Thus, the detailed comparative study of vegetative and reproductive morphometry, in addition to identifying the similar characters between the  $\times$  *B. nabonnandii* and its parents helps in the separation of its own characters and aid visual identification, especially in naturally occurring environments, of this hybrid. Collaborating in this sense, a study of the comparative anatomy of the *Butia* leaf, developed by Sant 'Anna-Santos *et al.* 2015, also corroborates, by providing useful characters used in the distinction of the species of this genus.

## 5.5 CONCLUSIONS

The  $\times$  *B. nabonnandii* share with the parents *S. romanzoffiana* and *B. odorata* the following characteristics: solitary habit, vertical cylindrical size, pinnate leaves, peduncular bract, paniculate inflorescence, staminate and pistillate flowers arranged in triads along the rachillae, edible drupe with fleshy and fibrous mesocarp, a single pyrene in the fruit with thick and stony endocarp, generally developing seeds.

It shares characteristics common to *S. romanzoffiana* such as: bright green leaves, fruits with mucilage, ovoid pyrenium with basal germinal pores and apical projections, unilocular endocarp with a seed.

It shares common characteristics with *B. odorata* such as: presence of semi-persistent sheath bases along the stem, globose fruits, presence of ramenta on the abaxial surface of the

pinnae near the midrib, arrangement of the pinnae in the rachis, and ovoid to chordiform seed shape with prominent operculum.

The results reveal striking and unprecedented characteristics of the hybrid, such as the semi-persistent sheaths sparsely embedded along the stem, as well as the basal germinal pores in the pyrene ranging from symmetric to asymmetric and the presence of three apical projections.

The morphological studies of these palms are complex due to the phenotypic variability found intra and interpopulation, thus suggesting anatomical and molecular studies to complement and subsidize a better understanding of the biology of this plant group, and thus expand opportunities for management programs, conservation *in situ* and *ex situ*, and use of these palms as economic, landscape and environmental resources.

Within this context, this manuscript, in addition to providing new descriptions for the three taxa of palm trees in four locations in Rio Grande do Sul, Brazil, opens relevant fields for investigation for other questions and research projects. For example: 1) Could the statistically significant trends observed in the results of this study such as fruit size, presence or absence of seeds and germination become characteristic variables of each municipality? 2) Would these results be important for new programs for the management, conservation and sustainable use of this palm tree as food, landscaping and economic resources? 3) Could future studies of molecular biology and leaf anatomy allow us to detect inter- and intra- population phenotypic variations? 4) Could such genetic variations be used to infer the genetic variability of individuals and their populations, or to estimate speciation events and effects of human action on environmental changes?

### **Acknowledgments**

To teachers Dr. Bruno Francisco Sant'Anna-Santos from the Federal University of Paraná – UFPR, Laboratory of Plant Anatomy and Biomechanics, Curitiba, PR. Biologist Patrícia de Oliveira Neves from the Federal University of Pampa-Campus São Gabriel, RS, Brazil, who collaborated in the realization of this project. This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Finance Code 001.

## 5.6 REFERENCES

- Baker WJ & Dransfield J (2016). Beyond genera palmarum: progress and prospects in palm systematics. *Botanical Journal of the Linnean Society* 182: 207-233.
- Brazil (2009). Rules for seed analysis. Brasília, DF: MAPA/ACS, 399 p.
- Dransfield J, UHL NW, Asmussen CB, Baker WJ, Harley MM & Lewis CE (2008) Genera palmarum the evolution and classification of palms. [place unknown]: *Royal Botanic Gardens Kew*, 732 p.
- Elias GA, Soares KP, Bortoluzzi RLC & Santos R (2018). Palmeiras (Arecaceae) in Santa Catarina, Southern Brazil (Botanical Series). *Revista Iheringia* 73: 88-107.
- Elliott ML, Jardim EA, Des, Harmon CL & Bec S (2016). Confirmation of Fusarium Wilt Caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *palmarum* on *Butyagrus nabonnandii* (mule palm) in *Florida Plant Disease*, 101: 381-381
- Engels ME, Meyer TA & Soares KP (2021). A new *Butyagrus* (Arecaceae) from the Southern Brazilian Plateau. *Hoehnea* 48: e412020
- Fior CS, Souza PVD & Schwarz SF (2013). Emergence of *Butia odorata* seedlings (Barb. Rodr.) Noblick in a greenhouse. *Revista Árvore* 37: 503-510.
- Fior CS, Calil AC, Avrella ED & Schwarz SF (2018). Analysis of *Butia odorata* (Barb. Rodr.) Noblick seeds of fruits collected at three maturation stages (Botanical Series). *Revista Iheringia* 73: 22 -30.
- Flora brasiliensis (2020). Rio de Janeiro Botanical Garden Research Institute. Available at. <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br>> Access on 14 January 2023.
- Glassman SF (1971). A new palm hybrid from the fairchild tropical garden. Princes. Research Associate Field Museutn and Projector Biological Sciences, *Uniaersityolllinois*. Chicago: [publisher unknown], v. 15, p. 79-88.
- Heiden G & Sant'Anna-Santos BF (2022). *Butia* (Becc). Re flora: Flora and Funga do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. Available at: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB15703>> Access on 14 January 2023.
- Lima P & Ferreira E JL (2017). Biometrics of Curles, Fruits and Seeds and Germination of Jaciarana (*Syagrus sancona* H. Karsten. Arecaceae *Revista Enciclopedia Biosfera* 14: 267- 278.
- Lorenzi H, Noblick LR, Kahn F & Ferreira E (2010). Flora brasiliensis: Arecaceae (Palmeiras). Instituto Plantarum, Nova Odessa. 382p.
- Muscarella R, Emilio T, Phillips O L, Lewis SL, Slik F, Baker WJ, Couvreur TLP, Eiserhardt L, Svenning, JC, Affum-Baffoe K, Aiba SI; de Almeida EC, de Almeida SS, de Oliveira EA, Álvarez-Dávila E, Alves F, Alvez-Valles CM, Carvalho FA, Guarin FA & Balslev H (2020). The global abundance of tree palms. *Global ecology and biogeography* 29: 1495–1514.
- Mhanhmad S, Leewanich P, Punsuvon V, Chanprame S & Srinives P (2011). Seasonal effects on bunch components and fatty acid composition in dura oil palm (*Elaeis guineensis*). *African Journal of Agricultural Research* 6: 1.835-1.843.

- Noblick LR. 2010. *Butia*. In: Lorenzi H, Noblick LR, Kahn F and Ferreira E. (eds.). *Flora brasileira*. Lorenzi: Arecaceae (Palmeiras). Nova Odessa: Instituto Plantarum, p. 178-347
- Noblick LR (2012). *Syagrus* × *Mirandana*, a Naturally Occurring Hybrid of *S. Coronata* and *S. Microphylla*. *Palms* 56: 57-60.
- Noblick LR (2017). A revision of the genus *Syagrus* (Arecaceae). v. 294. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 1-262.
- Noblick LR & Sant'Anna-Santos BF (2021). Diversity of leaf anatomy within a single leaflet and between leaflets of four *Butia* (Arecaceae, Arecoideae) species. *PhytoKeys* 180: 31.
- Peixoto AL & Maia LC (2013). *Manual of procedures for herbariums*. Ed. University of UFPE, Recife. 97p.
- Rosa LZ, Almeida CGM, Brasil AMA, Laindirf BL, Cogo MRM, Kuhn AS, Bacega A, Santos NL, Silveira DNB, Cassol APV, Pereira AB & Souza VQ (2021). The importance of hybridization for the preservation of the genetic variability of the Arecaceae family (Palmeiras) in the surface of anthropogenic factors: a review of the case of the palm × *Butyagrus nabonnandii* (Prosch) Vorste. *Research, Society and Development* 10: e347101422104.
- Rosa LZ, Sant'Anna-Santos BF, Almeida CGM, Kuhn AS & Souza VQ (2023). × *Butyagrus nabonnandii* (Prosch.) Vorster (Arecaceae): a sterile and rare palm with variable morphology? *Brazilian Journal of Biology*, 2023, vol. 83, e271366 | <https://doi.org/10.1590/1519-6984.271366>
- Sant'Anna-Santos BF, Carvalho WG Junior & Amaral VB (2015) *Butia capitata* (Mart.) Becc. lamina anatomy as a tool for taxonomic distinction from *B. odorata* (Barb.Rodr.) Noblick comb. nov (Arecaceae). *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 87: 71-81.
- Sant'Anna-Santos BF, Santos Sad, Nunes EL, Francisco DMT & Carvalho Júnior WGO (2018). Does leaf anatomy aid in species identification of *Butia* (Arecaceae)? *AoB Plants* 10: 1-15.
- Sant'Anna-Santos BF (2021). A new endemic and critically endangered species of *Butia* (Arecaceae) with comments on morpho-anatomical novelties in the genus. *Plant Systematics and Evolution* 307: 1-16.
- Santos WC, Hüther CM, Silva FC & Ferreira VF (2021). Carnaubeira: for more than two centuries generating jobs Carnauba: *Brazilian Journal of Development* 7: 93852-93870.
- Schwartz E, Fachinello JC; Barbieri RL & SILVA JB (2010). Evaluation of *Butia capitata* populations of Santa Vitória do Palmar. *Revista Brasileira de Fruticultura* 32: 736-745.
- Soares KP, Longhi SJ, Witeck L Neto & Assis LC (2014a). Palmeiras (Arecaceae) in Rio Grande do Sul, Brazil Palms. *Revista Rodriguesia* 65: 113-139.
- Soares KP, Assis LC, Guimarães CA & Vieira Arg. (2014b). Four new natural hybrids of *Syagrus* from Brazil. *Palms* 58: 87-100.
- Stevens PF (2017). Angiosperm Phylogeny Website. Available at: <<http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>> Access on 22 January 2023.

## 6 ARTIGO 4 – A HIBRIDAÇÃO INDUZIDA INTERGÊNEROS COM GRÃOS DE PÓLEN DE *Syagrus romanzoffiana* (CHAM.) GLASSM., E ÓVULOS DE *Butia odorata* (BARB.RODR.) NOBLICK., NA PRODUÇÃO DE HÍBRIDOS, NO BIOMA PAMPA, RIO GRANDE DO SUL, BRASIL

### RESUMO

As palmeiras *B. odorata* e o *S. romanzoffiana*, são reconhecidas pela importância econômica e ambiental nas áreas de ocorrência. Estudos atualizados mostram o declínio populacional dessas espécies, principalmente pela redução e alteração dos habitats naturais, pela expansão da atividade agropastoril e a comercialização com fins paisagísticos. A hibridização é um fenômeno natural comumente observado nas Arecaceae. O cruzamento intergênero natural entre o *B. odorata* e *S. romanzoffiana* produz o híbrido <sup>x</sup>*Butyagrus nabonnandii*, palmeira com caracteres próprios e intermediários dos seus progenitores. Esse trabalho teve como objetivo realizar a hibridação artificial entre essas duas espécies com a finalidade de originar indivíduos híbridos com característica de interesse comercial e paisagístico, com o intuito de minimizar o extrativismo predatório dessas palmeiras nativas e apoiar projetos de conservação.

**Palavras-chave:** preservação; cruzamento manual; híbridos; palmeiras.

### ABSTRACT

The palm *B. odorata* and *S. romanzoffiana* are recognized for their economic and environmental importance in the areas of occurrence. Updated studies show the population decline of these species, mainly due to the reduction and alteration of natural habitats, the expansion of agropastoral activity and commercialization for landscape purposes. Hybridization is a natural phenomenon commonly observed in Arecaceae. The natural intergeneric crossing between *B. odorata* and *S. romanzoffiana* produces the hybrid <sup>x</sup>*Butyagrus nabonnandii*, a palm tree with its own and intermediate characters from its parents. This work aimed to carry out artificial hybridization between these two species in order to originate hybrid individuals with characteristics of commercial and landscape interest, with the aim of minimizing the predatory extraction of these native palm trees and supporting conservation projects.

**Keywords:** preservation; hand crossing; hybrids; palm trees.

## 6.1 INTRODUÇÃO

Arecaceae é uma família botânica da ordem Arecales, com distribuição Pantropical. Esta família é constituída de aproximadamente 188 gêneros, que são distribuídos em cinco subfamílias com mais de 2.585 espécies descritas (Stevens, 2017). A costa equatorial da África, Oceania, costa brasileira, Amazônia, Indonésia e Antilhas podem ser destacadas como os principais centros de diversificação dessa família que representa um dos mais importantes grupos botânicos com interesse econômico (MOORE & UHL, 1982).

Nos trópicos, as palmeiras são consideradas ícones devido a sua importância fundamental em muitos ecossistemas de floresta e savana oferecendo recursos importantes para herbívoros, polinizadores e animais que se alimentam de suas estruturas vegetativas, e reprodutivas (flores, frutos e sementes). Além disso, as palmeiras podem oferecer informações importantes sobre a evolução das florestas tropicais (COUVREUR & BAKER, 2013).

Quanto a distribuição desta família, no Brasil, está representada por cerca de 390 espécies sendo a maior parte nativa da Amazônia, onde ocorrem em torno de 41 gêneros e 290 espécies. Dessas, 20 espécies são potencialmente econômicas para o agronegócio de frutos, palmito e óleo comestível, e mais recentemente, como alternativa para a produção de biodiesel (ALVES *et al.*, 2014).

No Rio Grande do Sul (RS), as palmeiras estão presentes em ambientes campestres ou áreas abertas, formando palmares característicos (Soares *et al.* 2014). O *B. odorata* e o *S. romanzoffiana* e o híbrido  $\times$ *Butyagrus nabonnandii* (Prosch.) Vorstes fazem parte dessa paisagem gaúcha (ROSSATO, 2007).

As palmeiras *B. odorata* e o *S. romanzoffiana*, são reconhecidas pela importância econômica e ambiental, porém, estão em franco declínio populacional devido, principalmente, à ação antropogênica, seja pela expansão da atividade agropastoril, nas áreas naturais, ou pela retirada dessas palmeiras de seus habitats naturais para a comercialização (COGO *et al.* 2022; SANT`ANNA-SANTOS, 2021; ROSA *et al.* 2021, 2023).

A reprodução dos representantes dos gêneros *Butia* e *Syagrus* é seminífera, assim como, e, de forma generalizável, as espécies das Arecaceae não fazem reprodução vegetativa dificultando a propagação e recomposição das populações naturais. Além disso, as taxas de germinação de suas sementes, em condições naturais, podem levar até um ou dois anos (LORENZI *et al.*, 2010),

Em Arecaceae é comum a ocorrência de híbridos naturais, especialmente oriundos de cruzamentos interespecíficos, como os que ocorrem entre espécies de *S. romanzoffiana* e *Butia*

spp (GLASSMAN, 1970; SOARES *et al.* 2014). A formação de híbridos naturais a partir de cruzamentos intergenéricos, entretanto, já é mais raro, como o cruzamento entre *S. romanzoffiana* com espécies do gênero *Butia* (LORENZI *et al.* 2010, SOARES *et al.* 2014a; ENGELS *et al.* 2021). Até o momento foram descritos dois híbridos naturais de *Butyagrus*, no Rio Grande do Sul, sendo eles: <sup>x</sup>*B. nabonnandii* oriundo do cruzamento entre o *S. romanzoffiana* e o *B. odorata* e <sup>x</sup>*B. alegretensis* K. Soares, originado do cruzamento entre *S. romanzoffiana* e o *Butia lallemantii* Deble & Marchiori e, no estado do Paraná foi descrito <sup>x</sup>*Butyagrus paranaensis* Engels, T.A. Meyer & K. Soares, originado do cruzamento entre *Butia eriospatha* (Mart. Ex Drude) Becc. e *S. romanzoffiana* (ENGELS *et al.*, 2021; ROSSATO, 2007; NOBLICK, 2010, 2017A; SOARES *et al.* 2014a).

A nome do híbrido, <sup>x</sup>*B. nabonnandii*, foi proposta na publicação de Proschowsky (1921), para homenagear um viveirista francês Paul Nabonnand, que no final do século XIX, na França, realizou cruzamento manual para induzir a fertilização do óvulo *B. odorata* por pólen de *S. romanzoffiana*, originando os híbridos. Estes híbridos são considerados palmeiras- mula por serem estéreis, uma vez que não há registro de germinação de suas sementes (SOARES *et al.* 2014). No entanto, seu pólen pode ser utilizado para produção de retrocruzamentos, inclusive com o gênero *Jubaea* (RIFFLE *et al.* 2012; SOARES *et al.* 2014). Devido suas características botânicas, essa palmeira híbrida é bastante cultivada em alguns países europeus e nos Estados Unidos devido a sua adaptação ao frio, crescimento rápido e beleza (RIFFLE *et al.* 2012).

De acordo com a descrição morfológica de Soares *et al.* (2014) o híbrido apresenta estipe com aspecto diferencial no caule em relação aos genitores *Butia* spp e *S. romanzoffiana*, pela textura, como característica marcante, a presença espaçada das bases remanescentes das bainhas em forma de escamas aderidas ao caule. As folhas são pinadas, contemporâneas de pseudopécíolos com dentes pouco pronunciados na sua margem, geralmente apenas fibras engrossadas. O híbrido é monoico com inflorescências interfoliare formada de flores amareladas, pistiladas e estaminadas dispostas ao longo das ráquulas, dispostas em tríades. Os frutos têm forma variada de ovoides a globosos, são comestíveis com mesocarpo fibroso, succulento e levemente mucilaginoso, contendo um endocarpo ósseo, com cavidade interna regular com uma semente ou ausência de semente (ROSA *et al.* 2021, 2023).

A hibridização é um fenômeno natural comumente observado em espécies vegetais, que pode contribuir, significativamente, para evolução e especiação em plantas (GOULET *et al.* 2017; BIRD, 2018; NOBLICK, 2019; ROSA *et al.* 2021-2023). Frequentemente, a hibridização favorece à heterozigosidade acompanhada pelo maior vigor híbrido dos vegetais, expresso no crescimento e produção de sementes (GLOMBIK *et al.* 2020). Além disso, a hibridização

natural ou artificial é prática usual em programas de melhoramento genético de culturas, configurada pela adaptação mais ampla a novos nichos ambientais (GLOMBIK *et al.* 2020).

Esse trabalho teve por objetivo desenvolver a hibridação induzida entre *S. romanzoffiana* e *B. odorata* no sentido de gerar indivíduos híbridos entre essas espécies como uma estratégia viável para a produção de mudas pelos paisagistas, viveiristas e produtores rurais, e, assim evitar a remoção ilegal de indivíduos em seus habitats naturais (FIOR *et al.* 2013).

## 6.2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Fazenda Anacaita (Figura 1), região da campanha localizada no interior de Rosário do Sul. As coletas das inflorescências férteis de *S. romanzoffiana* e os acessos de 05 indivíduos de *B. odorata* estão sob as coordenadas (Tabela 1).

**Tabela 1. Coordenadas geográficas dos acessos das amostras de *B. odorata* e *S. romanzoffiana*.**

<b>Acesso <i>B.odorata</i></b>	<b>Coordenadas geográficas</b>	<b>Sítios das amostras</b>
Indivíduo 01	-30.161889, -54.710383	Casa do Galpão
Indivíduo 02	-30.161796, -54.710201	Mangueira das ovelhas
Indivíduo 03	-30.160720, -54.710952	Casa de tabuas
Indivíduo 04	-30.160201, -54.711649	Recanto das saúvas a
Indivíduo 05	-30.160145, -54.711617	Recanto das saúvas b
<b>Acesso <i>S. romanzoffiana</i></b>	-30.161889, -54.710383	Casa do Galpão





**Figura 1. Localização da população de *B. odorata* na propriedade Anacauita em Rosário do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil.** Os pontos vermelhos indicam os sítios de acessos das espécies do estudo. Fonte: Google Maps (com modificações).

Na propriedade rural Anacauita foram utilizados dois espécimes de *S. romanzoffiana* com aproximadamente 15 anos de idade, altura em torno de seis metros, e cinco palmeiras de *B. odorata* com mais de 12 anos de idade, e altura de aproximadamente cinco metros, em época de floração, com as flores em antese. Esses critérios foram estabelecidos para facilitar os acessos às estruturas reprodutivas e a polinização manual. Ambas as espécies de ocorrência natural estão estabelecidas em propriedade particular localizada na campanha gaúcha em ambiente protegido por cerca de arame.

O procedimento de hibridação induzida entre o *B. odorata* e *S. romanzoffiana*, seguiu as técnicas descritas por (BARROS *et al.* 2009) e ocorreu no período de janeiro a março de 2020, 2021 e 2022, logo após o rompimento das brácteas pedunculares. Segundo Wolff (2007), nesse período verifica-se a maior taxa de abertura das espatas, liberando as inflorescências nos butiazeiros, concordando com o calendário do período de floração dos representantes de *Butia* e de *Syagrus*, localizados nos ecossistemas de Bioma Mata Atlântica e no Bioma Pampa, Rio Grande do Sul, Brasil.

Na área de estudo, foram selecionados cinco indivíduos adultos e férteis de *B. odorata* e dois indivíduos adultos e férteis de *S. romanzoffiana*. Em cada acesso de *B. odorata* foram selecionadas, ao acaso, uma inflorescência de cada planta e para cada inflorescência selecionou-

se 45 ráquias férteis, totalizando 225 ráquias. Os acessos contemplaram os três estratos das ráquias, basal, mediano e apical (Figura 2a-b).

As ráquias, logo após o início da fissura da bráctea, foram emasculadas manualmente e a limpeza das flores pistiladas foi realizada com pincel embebido em água potável para evitar possível contaminação de pólen remanescentes da planta mãe (Figura 2c- d). O isolamento das ráquias foi feito por meio de ensacamento com tecido polipropileno confeccionado manualmente, e as extremidades foram firmemente amarradas com fita zipada, no sentido de evitar a autofecundação e/ou contato com agentes externos e polinizadores (Figura 2e).

O monitoramento para acompanhar a abertura do estigma ocorreu uma vez por dia, geralmente à tarde com observação do comportamento das ráquias não ensacadas da inflorescência (grupo controle positivo). A polinização ocorreu quando os estigmas de *B. odorata* estavam receptivos. (Figura 2f). Assim, logo após os estigmas estarem receptivos, procedeu-se a abertura dos involúcros e introduziu-se, junto às ráquias de *B. odorata*, ráquias férteis somente com os estames de grãos de pólen de *S. romanzoffiana* (Figura 2g).

Para o grupo controle negativo foram selecionadas cinco ráquias de cada inflorescência, com os mesmos procedimentos de emasculação e ensacamento, porém sem a polinização. Para o grupo controle positivo, as demais ráquias da inflorescência foram deixadas intactas para que ocorresse o desenvolvimento natural.

Após quinze dias do procedimento, com a verificação do fechamento dos estigmas, removeram-se as ráquias do *S. romanzoffiana* e mantiveram-se as ráquias do *B. odorata* ensacadas com tecido de filó para facilitar a visualização do desenvolvimento e amadurecimento dos frutos (Figura 2h).



**Figura 2. Híbridação induzida intergênero com pólen de *S. romanzoffiana* e óvulo de *B. odorata*: a.** inflorescência de *B. odorata*, a seta indica a ráquila fértil. **b.** inflorescência de *S. romanzoffiana*, a seta indicando a ráquila fértil. **c.** emasculação das ráquulas de *B. odorata*. **d.** ráquulas emasculadas. **e.** ráquulas isoladas com invólucros de TNT. **f.** estigmas de *B. odorata* receptivos. **g.** fertilização artificial dos estigmas receptivos de *B. odorata*, com pólen de *S. romanzoffiana*. **h.** infrutescência com frutos maduros protegidos por invólucros de tecido filó. **i.** botões florais abortados e frutos híbridos maduros. **j.** frutos maduros. **l.** semeadura de pirênios dos híbridos.

Transcorridos 150 dias, 50 frutos híbridos e maduros, oriundos do experimento de 2022, foram colhidos, selecionados pelo tamanho e separados em duas porções de 20 frutos maduros



(Figura 2i-j). Na abertura dos involúncros, os botões florais abortados foram descartados (Figura 2i). Procedeu-se a despolpa dos frutos e a sementeira de 20 pirênios em latas recicláveis de leite em pó, para a germinação e desenvolvimento das plantas (Figura 2i). Os dez pirênios restantes foram deixados à sombra por oito dias para facilitar a soltura interna das sementes, como forma de verificar se houve a fecundação com a formação de sementes. As sementes foram semeadas em algodão úmido para o processo inicial de germinação.

### 6.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A polinização artificial ou induzida intergênero de palmeiras, é um processo que envolve um planejamento meticuloso para obtenção de resultados favoráveis. Nos anos de 2020 e 2021, após dois meses da polinização, não houve a produção de frutos com abortamento de 100% dos botões florais.

Esses resultados conferem com Didonet (2010), em que as condições de ambiente associado às diferentes técnicas de fertilização têm reflexos positivos e negativos na produtividade de frutos. Segundo Wahid *et al.* (2007), taxas de crescimento e desenvolvimento, metabólicos, de respiração basal, de assimilação e distribuição interna de nutrientes e fotoassimilados, de relações hídricas e de acúmulo de determinados metabólitos podem ser alteradas, em consequência do aumento da temperatura ambiente.

Em janeiro de 2022, com a repetição do tratamento de hibridação induzida dos anos anteriores, de ensacamento de ráquias com flores pistiladas receptivas de *B. odorata* polinizadas com ráquias contendo flores estaminadas férteis de *S. romanzoffina*, obteve-se, com sucesso, a produção de 50 frutos híbridos em um dos sítios amostrados, o recanto das saúvas.

Nos demais, tanto o grupo não polinizado manualmente, quanto os polinizados, 100% dos botões florais abortaram. Os resultados negativos de 2020 e 2021, sinalizam para novos estudos no sentido de apurar as possíveis intervenções das características estranhas (IGNACZAC & SILVA, 1978), que podem ter interferido nos experimentos e, ajudar a entender a não produção de frutos híbridos nos dois primeiros anos.

Os resultados positivos do ano de 2022, mesmo com a produção de poucos frutos (50), indicam que a técnica utilizada de polinização artificial é viável, mesmo sob as condições ambientais similares dos anos anteriores e, por esse motivo também merece mais estudos no sentido de indicar os melhores procedimentos na hibridação induzida para a produção de frutos híbridos.

De acordo com Woff (2007), uma das características perturbadoras na região de clima temperado do qual o pesquisador não tem controle é o período da fenologia reprodutiva das espécies de butiazais, que é influenciado diretamente ou indiretamente pelos fatores climáticos como a ação dos ventos, radiação solar, chuvas intensas e variação da temperatura entre outros. Esses fatores exercem influência sobre as características e sazonalidade das florações de cada espécie e localidade.

Essas palmeiras que ocorrem no RS, têm capacidade adaptativa em diversos ambientes demonstrando tratar-se de plantas pioneiras. Porém, com o avanço da ocupação de seus habitats e pelas práticas de biopirataria, estão em franco declínio populacional (ROSA *et al.* 2021, 2023).

Assim, em relação ao resultado positivo, a produção induzida ou artificial de híbridos de palmeiras, mesmo sendo uma tarefa meticulosa, é uma estratégia promissora para a produção de mudas em escala comercial e, com isso, ajudar na preservação dessas palmeiras (ARNOLD, 1997; KINGSBURY, 2010).

Dentro desta perspectiva, a hibridização pode também potencializar a diversidade genética, aumentando a sua adaptabilidade em diferentes ecossistemas. Quando os organismos híbridos fixados em um ambiente, não ameaçarem suas espécies parentais, seus podem auxiliar na conservação, e seu germoplasma único potencialmente contribui para a capacidade genética e adaptativa das mesmas (BOHLING, 2016; SHANG & YAN, 2017).

Neste contexto, destaca-se a importância de estudos sobre hibridização entre palmeiras que tenham por objetivo reunir características favoráveis dos indivíduos parentais para gerar um híbrido (F1) que supere os genitores em termos de precocidade, produção de frutos, fibras, potencial paisagístico, de compensação e de reflorestamento. Existe uma ampla convicção na indústria de viveiros da Flórida de que o híbrido originado do cruzamento de *B. odorata* x *S. romanzoffiana* é extremamente vigoroso e tolerante ao frio (WILCOX *et al.* 1990).

No tocante aos trabalhos e pesquisas que visam ações de conservação das palmeiras estão os meios artificiais de polinização controlada como a hibridização. A hibridização artificial é uma um procedimento importante para melhorar as plantas de polinização cruzada e de autopolinização (ARNOLD, 1997; KINGSBURY, 2010).

A hibridização, que é uma ferramenta poderosa para ampliar a variação genética, tem sido usada no melhoramento de muitas culturas. A produção de híbridos interespecíficos abre uma nova perspectiva no melhoramento genético para as espécies de cunho alimentar, ornamental e comercial (CHEN & MII, 2012; DENG *et al.* 2011).

## 6.4 REFERÊNCIAS

- ARNOLD, M. L. (1997). Natural Hybridization and Evolution (Oxford Series In *Ecology & Evolution*) (O. U. Press (Ed.).
- BARROS, L. de M. *et al.* (2009). Hibridação de Caju. In Hibridação Artificial de Plantas (2nd ed., p. 625). *Editora UFV*.
- BIRD, K. A. *et al.* 2018. The causes and consequences of subgenome dominance in hybrids and recent polyploids. *New Phytol* 220: 87-93.
- BOHLING, J. H. (2016). Strategies to address the conservation threats posed by hybridization and genetic introgression. *Biological Conservation*, 203, 321–327. 13
- CHEN, Y. M., & MII, M. (2012). Inter-sectional hybrids obtained from reciprocal crosses between begonia semperflorens (section begonia) and b. “Orange rubra” (section gaerdita × section pritzelia). *Breeding Science*, 62 (2), 113–123. <https://doi.org/10.1270/jsbbs.62.113>
- COGO, M. R. de M. *et al.* (2020). O gênero Butia (Arecaceae) com ênfase nas espécies *Butia exilata* e *Butia lallemantii*: uma revisão. *Research, Society and Development*, 9 (12), 1–13. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i12.10675>.
- COUVREUR, T. L. P., & BAKER, W. J. (2013). Tropical rain forest evolution: Palms as a model group. *BMC Biology*, 11 (48), 2–5. <https://doi.org/10.1186/1741-7007-11-48>
- DIDONET, A.D (2010). Importância do período de prefloração na produtividade do feijoeiro. *Pesquisa Agropecuária Tropical (PAT)*, Goiânia, v. 40, n. 4, p. 505-512.
- ENGELS, M.E, MEYER T.A & SOARES K.P. (2021). Um novo × *Butyagrus* (Arecaceae) do Planalto Sul Brasileiro. *Hoehnea* 48: e412020.
- FIOR, C. S.; SOUZA, P. V. D. S.; SCHWARZ, S. F. Emergência de plântulas de *Butia odorata* (Barb. Rodr.) Noblick em casa de vegetação. *Revista Árvore*. (2013), v.37, n.3, pp. 503-510
- GLASSMAN, S.F. (1970). A new hybrid in the palm genus Syagrus Mart. *Fieldiana – Botany* 32: 241-257.
- GLOMBI, M. *et al.* (2020). Competition of Parental Genomes in Plant Hybrids. *Front Plant Sci* 11: 200.
- GOULET, B.E, Roda F & Hopkins, F.R. 2017. Hybridization in Plants: Old Ideas, New Techniques. *Plant Physiol* 173: 65-78.
- IGNACZAC, J.C., SILVA, J.G.C. (1978). Análise conjunta de grupos de experimentos com alguns locais e tratamentos não comuns. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 13, p.56-66.
- KINGSBURY, N. (2010). Hybrid: the history and science of plant breeding. In *Choice Reviews Online*. <https://doi.org/10.5860/choice.47-4412>
- LORENZI, H. *et al.* (2010). Flora brasileira: Arecaceae (Palmeiras).

- MOORE, H. E., & Uhl., N. W. (1982). Major trends of evolution in palms. *Bot. Rev.* (Lancaster), 48, 1–69.
- NOBLICK, L.R. 2010. *Butia*. In: Lorenzi, H. Noblick L.R. Kahn F & Ferreira, E. (eds.). *Flora brasileira*. Lorenzi: *Arecaceae* (Palmeiras). Nova Odessa: *Instituto Plantarum*, p. 178- 347.
- NOBLICK, L.R. 2019. Guia para as palmeiras do nordeste do Brasil. Feira de Santana: *UEFS Editora*, 91
- PROSCHOWSKY, A. R. (1921). *Butia recastrum nabonnandi*. *Revue Horticole*, 93, 290–291.
- RIESEBERG, L.H.& Willis J.H. (2007). *Plant Speciation Science* 317: 910-914.
- RIFFLE, R. L., CRAFT, P., & ZONA, S. (2012). *The encyclopedia of cultivated palms*. Timber Press, Portland.
- ROSA, L.Z. *et al.* (2021). A importância da hibridização para a preservação da variabilidade genética da família *Arecaceae* (palmeiras) frente a fatores antropogênicos: uma revisão sobre o caso da palmeira x *Butyagrus nabonnandii* (Prosch) Vorste. *Research, Society and Development* 10 (14): e347101422104.
- ROSA, L.Z *et al.* (2022). *xButyagrus nabonnandii* (Prosch.) Vorste, (*Arecaceae*): palmeira rara, estéril e de morfologia variável? *Brazilian Journal of Biology*, 2023, vol. 83, e271366 | <https://doi.org/10.1590/1519-6984.271366>
- ROSSATO, Marcelo. (2007). Recursos genéticos de palmeiras do gênero *Butia* do Rio Grande do Sul. *Universidade Federal de Pelotas*, Pelotas.
- SANT`ANNA-SANTOS, B.F. (2021). A new endemic and critically endangered species of *Butia* (*Arecaceae*) with comments on morpho-anatomical novelties in the genus. *Plant Syst Evolut* 307(1): 1-16.
- STAVENS, P. F. (2017). Angiosperm Phylogeny. <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>.
- SHANG, H., & YAN, Y. (2017). Natural hybridization and biodiversity conservation. <https://doi.org/10.17520/biods.2017122> *Biodiversity Science*, 25(6), 683–688.
- SOARES, K. P. *et al.* (2014). Palmeiras (*Arecaceae*) no Rio Grande do Sul, Brasil *Palms. Rodriguesia*, 65(1), 113–139.
- WAHID, A. *et al.* (2007). Heat tolerance in plants: an overview. *Environmental and Experimental Botany, Elmsford*, v. 61, n. 3, p. 199-223.
- WILCOX, M.; WILCOX, E.B.; RAULERSON, C. Wass, W.T. (1990). Practical methods for hybridization in the *Syagrus* alliance. *Proc.Fla. StateHort.Soc.* 103.385-386

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Estudos comparativos dos caracteres vegetativos e reprodutivos entre as palmeiras das espécies de *B. odorata*, *S. romanzoffiana* e <sup>x</sup>*B. nabonnandii*, em vegetação natural no Rio Grande do Sul, Brasil, revelaram que o híbrido é mais similar a *B. odorata* do que *S. romanzoffiana* – especialmente ao se considerar o porte, a disposição das pinas na raque foliar (quase regulares), os resquícios de bainha no estipe além da presença de ramenta.

Quando avaliamos a morfologia reprodutiva, as inflorescências e as flores estaminadas e pistiladas, se assemelham mais com *S. romanzoffiana*. Já em relação aos frutos, o híbrido possui frutos mais globosos, portanto mais parecidos com *B. odorata*. Em relação aos pirênios, o formato no híbrido (mais alongado), se parece mais com *S. romanzoffiana*, assim como a posição subbasal dos poros do endocarpo e a ocasional presença de projeções na região apical.

Em relação a presença de lóculos no endocarpo, o híbrido se aproxima do *S. romanzoffiana*, ambos são uniloculares, diferente dos endocarpos do *B. odorata* que podem apresentar de um a três lóculos. O mesmo ocorrendo em relação a presença de sementes, com exceção em um dos municípios estudados-Venâncio Aires, onde não foram encontradas sementes.

Quanto a germinação e a densidade, o <sup>x</sup>*B. nabonnandii* é considerado na literatura como palmeira-mula e de ocorrência rara, por suas sementes não germinarem e sua ocorrência ser escassa. No entanto, nosso trabalho comprovou que o híbrido é fértil, uma vez que suas sementes emitiram, após cento e sessenta dias, o pecíolo cotiledonar. Adicionalmente, confirmamos sua presença para o município de Porto Alegre e ainda listamos três novas localidades no estado do Rio Grande do Sul como área de ocorrência, sendo, em uma delas, observados mais de vinte espécimes, o que nos levou a sugerir que <sup>x</sup>*B. nabonnandii* não deve ser considerada uma palmeira rara.

Nos procedimentos de hibridação artificial entre *S. romanzoffiana* e *B. odorata*, um dos objetivos de nosso estudo foi gerar híbridos viáveis para atender a demanda de viveiristas, colecionadores de palmeiras e projetos de recomposição de vegetação de espécimes estabelecidos nas regiões de ocorrência, foi atendido parcialmente.

Os resultados parciais justificam-se por ser a hibridação artificial intergêneros, um processo difícil de ser executado pelos inúmeros fatores extrínsecos e intrínsecos que interferem direta ou indiretamente nos resultados. Mesmo assim, em janeiro do ano de 2022, obtivemos resultados positivos com a produção de 50 frutos híbridos. Esses frutos foram despulpados e os pirênios semeados em solo fértil para germinarem. No entanto, após um ano e quatro meses de



plantio, ainda não houve germinação. Esses dados indicam que as técnicas utilizadas em nosso trabalho são viáveis, porém, merecem mais estudos no sentido de indicar os melhores procedimentos e, assim, atender o interesse do ponto de vista ecológico e comercial a produção de palmeiras híbridas.

Assim, tendências estatisticamente significativas observadas nos resultados deste estudo, como o tamanho dos frutos, presença ou ausência de sementes e germinação, poderiam tornar-se variáveis características de cada município, abrindo espaços para novos programas de manejo, conservação e utilização dessas palmeiras como recurso alimentar, paisagístico e econômico.

## 8 MEMORIAL DESCRITIVO

### Sobre a Formação Acadêmica e Atividades Profissionais

Uma reflexão sobre a construção do meu conhecimento conduz-me a momentos e/ou fases que foram relevantes, quer na formação acadêmica quer na atuação como professora. A escolha da profissão de professora prendeu-se à admiração por aqueles que, no exercício deste mister, em suas aulas, ao mesmo tempo em que traziam informações e orientavam-me na construção de meu conhecimento, transmitiam-me a certeza de que seria libertada pela leitura e, também, de que só a educação forma o cidadão em todas as dimensões.

Minha trajetória é pautada pelo trabalho interdisciplinar, convocando e conquistando outros mestres a aderirem às propostas, quer no campo puro do conteúdo ou ir além, nas situações cotidianas e ambientais da sociedade onde estamos inseridos. O segredo de um aluno competente, pelas habilidades adquiridas está num professor que transcenda seu dia -a- dia escolar ou acadêmico, que enxergue longe e trabalhe o significado do conteúdo de acordo com as necessidades do seu grupo para, a partir desse significado e dessa necessidade, desenvolver possibilidades de aplicabilidade do conteúdo, dependendo das particularidades de cada situação e ou conceito trabalhado.

Quanto à escolha dos cursos de graduação e pós-graduação, foi resultado do gosto e prazer despertado pelo hábito da leitura, pela análise das questões sociais e pela indignação com o descaso pelas questões ambientais. Assim, ao decidir cursar Ciências Biológicas e após, Especialização em Biologia na Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS) e Gestão Ambiental na Universidade da região da Campanha (URCAMP), completei minha formação acadêmica com o Mestrado em Genética e Toxicologia Aplicada, dissertando a Genética da Biodiversidade e Conservação Vegetal, pela Universidade Luterana do Brasil (ULBRA). Desta forma, tive e estou tendo uma ampla visão das ciências aplicadas a estas áreas específicas do conhecimento.

Completada a graduação e o Mestrado e, em um processo contínuo de aprendizagem, o Doutorado em Ciências Biológicas, nasceu da necessidade de ampliação do conhecimento em uma área que, nesse momento, desperta-me maior interesse e que se mostrou importante para o meu desempenho profissional, voltado aos cursos de formação de docentes na área das ciências, os quais acompanho sistematicamente desde o ano de 2008.

Minha atuação como professora concursada efetiva no ensino público estadual iniciou em 1982 e, como professora universitária, em 2001 nos cursos superiores da URCAMP e da

UNIPAMPA (2012). Desde 2014 atuo como docente em Ciências Biológicas do Instituto Federal Farroupilha. As atividades como professora universitária, foram centradas no curso de Ciências Biológicas e no Estágio Curricular Supervisionado. Além destas disciplinas coordeno as Práticas Profissionais dos cursos presenciais e em EaD, Centro de Referência do IFFar São Gabriel, que proporcionam aos acadêmicos o desenvolvimento de diversas atividades relativas ao conhecimento de todas as áreas das ciências.

Também coordenei projetos educacionais na Secretaria Municipal de Educação de São Gabriel/RS. Atualmente estou acompanhando, como Coordenadora do Centro de referência do IFFar, os Cursos em EaD do Instituto Federal Farroupilha em São Gabriel (MédioTec concomitante e subsequentes), bem com ofertamos o curso em Licenciatura em Matemática EaD/UAB/IFFar, e curso Superior em Pedagogia-EAD.

Sempre voltada para a área acadêmica, ministro cursos de aperfeiçoamento aos professores das redes públicas estadual e municipal com o propósito de levar aos mestres à insistência pela excelência à arte de ser um bom professor, aquele que faz a diferença, que cria, que contagia seus alunos, tornando-os seus amigos e seguidores de seu exemplo ao longo de todo o caminho.

Dentro dos espaços acadêmicos, imbuída em formar novos líderes na sociedade, reuni grupos de voluntários compostos por crianças, jovens e adultos, para que, juntos desenvolvêssemos projetos voltados á melhoria da qualidade de vida de nossas comunidades.

Assim, para atender aos objetivos propostos nos projetos, criamos o livro infantil “Era uma vez um coquinho amarelinho...” que trabalha os conceitos e questões ambientais de forma lúdica e prazerosa. A partir daí, a educação ambiental tomou uma nova dimensão, com o trabalho coletivo de transformação da realidade por meio do projeto - Lixo Rural: produção consciente e solução inteligente, desenvolvemos ações ambientais e educativas nas escolas e propriedades rurais do Município de São Gabriel/RS.

Com os projetos educativos desenvolvidos na região, destaco alguns prêmios recebidos que considero mais relevantes. No ano de 2009, fomos agraciados com o Prêmio 9º Escola Voluntária pela Fundação Itaú e Rádio Bandeirantes de São Paulo, oportunidade em que nos foi oferecido, o curso de treinamento de projetos educativos pelo MEC durante uma semana.

Em 2008, recebemos o primeiro lugar na Feira de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal de Santa Maria com o projeto de educação ambiental nas escolas públicas e particulares da região da campanha. Em 2007, o Poder Legislativo do município de São Gabriel prestou Voto de Louvor aos projetos desenvolvidos no município e, no mesmo ano, recebemos o Selo Escola Solidária pelo Instituto Voluntariado (MEC). No ano de 2005,

recebemos destaque no Congrega Urcamp /Bagé/RS, com o projeto de restauração de mata ciliar e o título de Relevância Social e Pedagógico de Voluntariado Amigos do Rio Vacacaí, Instituto Faça Parte-MEC-[www.facaparte.org.br](http://www.facaparte.org.br). Em 2018 Recebi a Comenda do Colégio Tiradentes da Brigada Militar São Gabriel/RS.

Complementando minha trajetória acadêmica destaco os trabalhos mais relevantes como a publicação de artigos e livros. Artigos: RPGBIO drogadição: o jogo role *playing game* (rpg) como prática no processo de ensino e aprendizagem; diagnóstico quanto a percepção dos participantes na oficina de compostagem e vermicompostagem aplicada no II seminário de educação das escolas rurais do campo em São Gabriel/RS. Livros: Era Uma Vez... Um Coquinho Amarelinho; RPGBIO drogadição e RPGBIO Meio Ambiente. Capítulos de livros: Mediotec EAD: Reflexões e avaliações do Curso Técnico em Informática na Modalidade Concomitante do centro de Referência São Gabriel/RS.

Os momentos políticos educacionais exigem de todos os educadores e pesquisadores um engajamento do qual ninguém pode se eximir. Para que cada um possa ocupar efetivamente seu espaço é necessária uma postura reflexiva, crítica, cuidadosa e abrangente.

Por isso, a Universidade faz parte desta mediação assumindo o papel de formador de cidadãos em todas as suas dimensões: econômica, afetiva e política da sociedade global. Recai sobre ela, a reflexão das possibilidades concretas de se fazer acontecer a “nova educação”, dentro da escola brasileira, que não é conclusiva, mas, geradora de grandes transformações do espaço político de uma sala de aula, na busca incessante de contribuir para que um novo amanhã- uma sociedade consciente e preparada. Nesse cenário temos uma nova ecologia da aprendizagem que prevê na Educação a Distância (EaD), uma ação educativa distribuída e interconectada com a multiplicidade de cenários e agentes educativos, para formar aprendizes com competências e habilidades básicas para o século XXI (COLL, 2013).

Dentro deste contexto, encaro o desafio de ser uma profissional da educação com ênfase na área das Ciências Biológicas, comprometida com as exigências éticas e da relevância pública e social na formação de sujeitos conscientes de seus valores aplicados na melhoria da qualidade de vida.

### **Sobre a Linha de Pesquisa em Ciências Biológicas**

Autores e pesquisadores têm anunciado a necessidade de profissionais bem preparados na educação, e, nesse processo de busca e reencontro da competência, ultrapassar o caminho do “fazer pelo fazer” para chegar ao “saber por que fazer”. Dentre eles, destaco a dimensão à

metodologia de pesquisa de Nóvoa (1995), o qual afirma que só o profissional pode ser responsável por sua formação e ninguém forma ninguém. Cada um forma-se a si próprio. Sob a dimensão do profissional reflexivo, sustento-me em Schön (1992), que propõe um conhecimento na ação e a reflexão, na ação que ganha uma pertinência acrescida no quadro do desenvolvimento pessoal e profissional e, remete para a consolidação no terreno profissional de espaços de (auto) formação participada. Os momentos de balanço retrospectivo sobre os percursos pessoais e profissionais são momentos em que cada um produz a “sua” vida, o que, no caso dos professores, é também produzir a “sua” profissão (NÓVOA, 1995).

Na dimensão professor pesquisador, atribuição de um doutorando, e a competência, apoio-me em Perrenoud (2000), para quem a noção de competência designará aqui, uma capacidade de mobilizar diversos recursos cognitivos para enfrentar um tipo de situações. Essa definição insiste em quatro aspectos: 1. As competências são elas mesmas, os saberes ou atitudes, mas mobilizam, integram e orquestram tais recursos. 2. Essa mobilização só é pertinente em situação, sendo cada situação singular, mesmo que se possa tratá-la em analogia com outras já encontradas. 3. O exercício da competência passa por operações mentais complexas, subentendidas por esquemas de pensamento que permitem determinar e realizar uma ação relativamente adaptada à situação e 4. As competências profissionais constroem-se, em formação, mas também ao saber da navegação diária de um professor, de uma situação de trabalho a outra (LE BOTER, 1997).

Na ótica do (re) encantar a educação, aproprio-me da tese de Assmann (1998), que acredita que quando a educação se defronta com a apaixonante tarefa de formar seres humanos para os quais a criatividade é necessidade vivencial, o ambiente pedagógico deve ser um lugar de fascinação e inventividade que propicie aquela dose consensual entusiástica requerida para que o processo de aprender aconteça como mixagem de todos os sentidos (BEHRENS 1996).

Finalmente, Freire (1992) que me elucida sobre os diversos conceitos abordados em todas essas dimensões. Em *Pedagogia da Esperança* - expressado em suas palavras: como professor você pode testemunhar diariamente a sua postura e aí compreender muito bem a relação dialética e estratégia. Você tem o sonho estratégico, [...] mas tem que criar táticas para falar dele, [...]. Você tem que recriar todo dia as suas táticas para superar o exclusivismo de uma compreensão cultural estreita.

Em 2021, dentro desta perspectiva de formação pessoal e profissional, busquei na UNIPAMPA, Campus São Gabriel, a expertise do doutorado em Ciências Biológicas. Nele, vivenciei e transformei um sonho longínquo em realidade, que só foi possível graças ao apoio

de excelentes professores, em especial ao meu orientador, que endossam todas as teorias educativas descritas e fundamentadas neste memorial.

Acreditei e acredito nestes profissionais, os docentes universitários competentes e compromissados, que souberam “criar” suas práticas, assentadas em sua opção metodológica em pressupostos que indicam forte tendência para uma abordagem dialógica, de trabalho coletivo e discussões críticas, aliadas ao ensino com pesquisa, ou seja, investigação para a produção do conhecimento comprovados pelos resultados inéditos em nossos artigos construídos coletivamente, revisados e publicados.

Para concluir, menciono esta frase publicada no jornal Correio do Povo, no dia 13 de novembro de 2010, pelo Natal Furucho “Nunca fuja de um desafio por medo de errar ou perder. Ou seja, a fraqueza humana não está no errar ou perder, está no não tentar”.

## REFERÊNCIAS

- ADAM, H. *et al.* Environmental regulation of sex determination in oil palm: Current knowledge and insights from other species. **Annals of Botany**, [s.l.], v. 108, n. 8, p. 1529-1537, 2011. DOI <https://doi.org/10.1093/aob/mcr151>.
- ALMEIDA, S. **Arecaceae Família**. 2018. Disponível em: <http://knoow.net/ciencterravida/biologia/arecaceae-familia>. Acesso em: 26 jan. 2021.
- ARNOLD, M. L. **Natural Hybridization and Evolution**. New York: Oxford University Press, 1997. (Oxford Series In Ecology & Evolution).
- ASSMANN, H. **Metáforas novas para reencantar a educação**. Piracicaba: UNIMEP, 1998.
- BAKER, W. J. *et al.* Morphology and cladistic analysis of subfamily Calamoideae (Palmae). *In*: HENDERSON, A.; BORCHSENIUS, F. (ed.). **Evolution, variation and classification of palms**. New York: Botanical Garden, 1999. p. 307-324.
- BAKER, W. J.; DRANSFIELD, J. Beyond Genera Palmarum: progress and prospects in palm systematics. **Bot J Linn Soc**, [s.l.], v. 182, n. 2, p. 207-233, 2016.
- BEGNINI, R. M. **O Jerivá- *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman (Arecaceae)-fenologia e interações com a fauna no Parque Municipal da Lagoa do Peri, Florianópolis, SC**. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.
- BEHRENS, M. A. **Formação continuada de professores e a prática pedagógica**. Curitiba: Champagnat, 1996.
- BURRET M. Um caso de hibridação entre *Arecastrum romanzoffianum* e *Butia capitata*. **Rev Rodriguésia**, [s.l.], v. 13, p. 275-278, 1940.
- BÜTTOW, M. V. *et al.* Conhecimento tradicional associado ao uso de butiás (*Butia* spp., Arecaceae) no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, [s.l.], v. 31, n. 4, p. 1069-1075, 2009. DOI <https://doi.org/10.1590/s0100-29452009000400021>.
- CÁMARA-LERET, R. *et al.* Fundamental species traits explain provisioning services of tropical American palms. **Nature Plants**, [s.l.], v. 3, p. 1-7, jan. 2017. DOI <https://doi.org/10.1038/nplants.2016.220>.
- CARVALHO, P. H. R. *Butia capitata* germination. **HortScience**, Alexandria, v. 23, n. 4, p. 702-703, 2006.
- COLL, C. **El currículo escolar em el marco de La nueva ecología de la prendizaje**, 2013. Disponível em: <https://core.ac.uk>. Acesso em: mar. 2023.
- COUVREUR, T. L. P.; BAKER, W. J. Tropical rain forest evolution: Palms as a model group. **BMC Biology**, [s.l.], v. 11, n. 48, p. 2-5, 2013. DOI <https://doi.org/10.1186/1741-7007-11-48>.

DRANSFIELD, J. *et al.* **Genera palmarum the evolution and classification of palms**. [S.l.]: Royal Botanic Gardens Kew, 2008. 732 p.

DRANSFIELD, J. **Studies in the Malayan palms Eugeissona and Johannesteijsmannia**. [S.l.]: University of Cambridge, 1970.

ELIAS, G. A. *et al.*, Palmeiras (Arecaceae) em Santa Catarina, Sul do Brasil (Série Botânica). **Rev Iheringia**, [s.l.], v. 73, p. 88-107, 2018.

ELLIOTT, M. L. *et al.* Confirmation of Fusarium Wilt Caused by Fusarium oxysporum f. sp. palmarum on ×Butyagrus nabonnandii (mule palm). **Florida Plant Disease**, [s.l.], v. 101, p. 381-381, 2016.

ENGELS, M. E.; MEYER, T. A.; SOARES, K. P. Um novo × Butyagrus (Arecaceae) do Planalto Sul Brasileiro. **Hoehnea**, [s.l.], v. 48, p. e412020, 2021.

FERREIRA, S. A. N.; CASTRO, A. F.; GENTIL, D. F. O. Emergência de plântulas de tucumã (*Astrocaryum aculeatum*) em função do pré-tratamento as sementes e da condição de semeadura. **Revista Brasileira de Fruticultura**, [s.l.], v. 32, n. 4, p. 1189-1195, 2010. DOI <https://doi.org/10.1590/S0100-29452011005000011>.

FONSECA, M. M. **Biologia reprodutiva de Butia odorata (Barb. Rodr.) Noblick**. 2014. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2014.

FREIRE, P. **Pedagogia da esperança**. São Paulo: Paz e Terra, 1992.

GALETTI, M.; PASCHOAL, M.; PEDRONI, F. Predation on palm nuts (*Syagrus romanzoffiana*) by squirrels (*Sciurus ingrami*) in south-east Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, [s.l.], v. 8, p. 121-123, 1992.

GENINI, J.; GALETTI, M.; MORELLATO, L. P. C. Fruiting phenology of palms and trees in an Atlantic rainforest land-bridge island. **Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants**, [s.l.], v. 204, n. 2, p. 131-145, 2009. DOI <https://doi.org/10.1016/j.flora.2008.01.002>.

GIOMBINI, M. I.; BRAVO, S. P.; MARTÍNEZ, M. F. Seed Dispersal of the Palm *Syagrus romanzoffiana* by Tapirs in the Semi-deciduous Atlantic Forest of Argentina. **Biotropica**, [s.l.], v. 41, n. 4, p. 408-413, 2009.

GIOMBINI, M. I.; BRAVO, S. P.; TOSTO, D. S. The key role of the largest extant Neotropical frugivore (*Tapirus terrestris*) in promoting admixture of plant genotypes across the landscape. **Biotropica**, [s.l.], v. 48, n. 4, p. 499-508, 2016. DOI <https://doi.org/10.1111/btp.12328>.

GLASSMAN, S. F. A new hybrid in the palm genus *Syagrus* Mart. **Fieldiana – Botany**, [s.l.], v. 32, p. 241-257, 1970.

GLASSMAN, S. F. **A new palm hybrid from the fairchild tropical garden**. [S.l.]: Principes, 1971. 15v., p. 79-88.

HENDERSON, A. **Evolution and Ecology of Palms**. New York: NYBG Press, 2002.



- JOLY, A. B. **Botânica: Introdução a Taxonomia Vegetal**. 2. ed. [S.l.]: Biblioteca Universitária Ciências Puras, 1975.
- KEUROGHLIAN, A.; EATON, D. P. Fruit availability and peccary frugivory in an isolated Atlanti forest fragment: Effects on peccary ranging behavior and habitat use. **Biotropica**, [s.l.], v. 40, n. 1, p. 62-70, 2008. DOI <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2007.00351.x>.
- KINGSBURY, N. Hybrid: the history and science of plant breeding. **Choice Reviews Online**, 2010. DOI <https://doi.org/10.5860/choice.47-4412>.
- KISSLING, W. D. *et al.*, PalmTraits 1.0, a species-level functional trait data-base of palms worldwide. **Scientific Data**, [s.l.], v. 6, n. 1, p. 1-13, 2019. DOI <https://doi.org/10.1038/s41597-019-0189-0>.
- KISSLING, W. D. Has frugivory influenced the macroecology and diversification of a tropical keystone plant family? **Research Ideas and Outcomes**, [s.l.], v. 3, p. 1-16, 2017. DOI <https://doi.org/10.3897/rio.3.e14944>.
- LAINDORF, B. L. *et al.* A Diversidade de palmeiras no estado do Rio Grande do Sul - Brasil. *In: SALAO INTERNACIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSAO*, 12., 2020. **Anais[...]**. [S.l.]: Unipampa, 2020.
- LE BOTER, F. **10 Novas Competências para Ensinar**. Porto Alegre: ARTMED, 2000.
- LEITMAN, P.; HENDERSON, A.; NOBLICK, L. R. Arecaceae. *In: Lista de Espécies da Flora do Brasil*. 2012. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2010/FB000053>. Acesso em: 10 maio 2021.
- LORENZI H, *et al.* **Flora brasiliensis: Arecaceae (Palmeiras)**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2010. 382p.
- LORENZI, H. **Palmeiras brasileiras e exóticas cultivadas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2004.
- LORENZI, H., *et al.* **Palmeiras no Brasil: nativas e exóticas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 1996.
- MOREL, M. **Morfologia floral y fenologia de la floracion de la Palma Butiacapitata (Mart.) Becc. (Arecaceae)**. Montevideo: Universidad de la Republica, 2006.
- MUSCARELLA, R. *et al.* The global abundance of tree palms. **Global Ecology and Biogeography**, [s.l.], v. 29, n. 9, p. 1495-1514, 2020.
- NADOT, S., *et al.* The palm family (Arecaceae): a microcosm of sexual system evolution. **Botanical Journal of the Linnean Society**, [s.l.], v. 182, n. 2, p. 376-388, 2016. DOI <https://doi.org/10.1111/boj.12440>.
- NOBLICK, L. R. **A revision of the genus Syagrus (Arecaceae)**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2017a. 294 v., 262 p.
- NOBLICK, L. R. Butia. *In: LORENZI, H. et al.* (ed.). **Flora brasileira. Lorenzi: Arecaceae (Palmeiras)**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2010. p. 178-347.

- NOBLICK, L. R. **Guia para as palmeiras do nordeste do Brasil**. Feira de Santana: UEFS Editora, 2019. 91 p.
- NOBLICK, L. R. Key to *Syagrus* identification using leaflet margin anatomy: Supplement to "A revision of *Syagrus* (Arecaceae)". **PhytoKeys**, [s.l.], v. 81, p. 19-43, 2017b.
- NOBLICK, L. R. *Syagrus* × *mirandana*, a naturally occurring hybrid of *S. coronata* and *S. microphylla*. **Palms**, [s.l.], v. 56, n. 2, p. 57-60, 2012.
- NÓVOA, A. **Os professores e sua formação**. Lisboa: Dom Quixote, 1995.
- ONSTEIN, R. E. *et al.* Frugivory-related traits promote speciation of tropical palms. **Nature Ecology and Evolution**, [s.l.], v. 1, n. 12, p. 1903-1911, 2017. DOI <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0348-7>.
- PEREIRA, P. E. E. *et al.* **Diversidade de *Butia* (Arecaceae): Contribuições para a coleta e conservação de germoplasma**. [S.l.]: Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas. 2015a.
- PEREIRA, P. E. E. *et al.* Taxonomic contributions to the collection and conservation of *Butia* (Arecaceae) germplasm. *In: SIMPOSIO DE RECURSOS GENETICOS PARA A AMERICA LATINA E O CARIBE*, 10., 2015. **Anais[...]**. Bento Gonçalves: Embrapa, 2015b. p. 58-58.
- PERRENOUD, P. **Dez novas competências para ensinar**. Porto Alegre: ARTMed, 2000.
- PIVETTA, K. F. L. *et al.* Effect of temperature on seed germination of queen palm *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) glassman (Arecaceae). **Acta Horticulturae**, [s.l.], v. 683, p. 379-381, 2005. DOI <https://doi.org/10.17660/actahortic.2005.683.49>.
- PROSCHOWSKY, A. R. *Butia recastrum nabonnandi*. **Revue Horticole**, [s.l.], v. 93, p. 290-291, 1921.
- RAVEN, P. H. **Biologia Vegetal**. [S.l.]: Guanabara Koogan. 2007
- RICHARDSON, J. E.; PENNINGTON, R. T. Editorial: Origin of tropical diversity: From clades to communities. **Frontiers in Genetics**, [s.l.], v. 7, n. 186, p. 1-3, 2016. DOI <https://doi.org/10.3389/fgene.2016.00186>.
- RIESEBERG, L. H.; WILLIS, J. H. Plant Speciation. **Science**, [s.l.], v. 317, p. 910-914, 2007.
- RIOS, S. A. *et al.* **Recursos genéticos de palma de óleo (*Elaeis guineensis* Jaq.) e caiaué (*Elaeisleifera* (H.B.K) Cortés)**. Manaus, AM: Embrapa Amazonia Ocidental, 2012. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/83030/1/Doc-96-A5.pdf>. Acesso em: 21 junho 2022.
- RIVAS, M.; BARBIERI, R. L. ***Butia odorata* (Barb. Rodr.) Noblick Butiá, Butiazeiro**. 2018. ed. [S.l.]: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), 2014. Disponível em: <http://www.procisur.org.uy>. Acesso em: 01 dezembro 2022.
- ROCHA, K. M. R. **Biologia reprodutiva da palmeira licuri (*Syagrus coronata* (Mart.) Becc.) (Arecaceae) na ecorregião do raso da Catarina, Bahia**. 2009. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2009.

ROSA, L. Z. *et al.* ×*Butyagrus nabonnandii* (Prosch.) Vorster (Arecaceae): a sterile and rare palm with variable morphology? **Brazilian Journal of Biology**, [s.l.], v. 83, p. e271366, 2023. DOI <https://doi.org/10.1590/1519-6984.271366>.

ROSA, L. Z. *et al.* The importance of hybridization for the preservation of the genetic variability of the Arecaceae family (Palmeiras) in the surface of anthropogenic factors: a review of the case of the palm ×*Butyagrus nabonnandii* (Prosch) Vorste. **Research, Society and Development**, [s.l.], v. 10, p. e347101422104, 2021.

SCHÖN, D. Formar professores como profissionais reflexivos. *In*: NÓVOA, A. (Ed.). **Os Professores e a sua formação**. Lisboa: Dom Quixote, 1992.

SOARES, K. P. *et al.* Four new natural hybrids of *Syagrus* from Brazil. **Palms**, [s.l.], v. 58, n. 2, p. 87-100, 2014b.

SOARES, K. P. *et al.* Palmeiras (Arecaceae) no Rio Grande do Sul, Brasil Palms. **Rev Rodriguesia**, [s.l.], v. 65, n. 1, p. 113-139, 2014a.

SOARES, K. P. **Syagrus in Flora do Brasil 2020**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2020. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/listaBrasil/FichaPublicaTaxonUC/FichaPublicaTaxonUC.do?id=FB15745>. Acesso em: 22 out. 2021.

STEVENS, P. F. **Angiosperm Phylogeny Website**. Version 14, July 2017. Disponível em: <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>. Acesso em: 11 ago. 2022.

TOMLINSON, B. Stem Anatomy of Climbing Palms in Relation to Long-distance Water Transport. **Aliso: A Journal of Systematic and Evolutionary Botany**, [s.l.], v. 22, n. 1, p. 265-277, 2006. DOI <https://doi.org/10.5642/aliso.20062201.22>.