

## ARENIZAÇÃO: ESBOÇO INTERPRETATIVO

*ARENIZATION: INTERPRETATIVE SKETCH*

*L'ARÉNISATION: CROQUIS INTERPRÉTATIF*

DIRCE MARIA ANTUNES SUERTEGARAY<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Docente dos Programas de Pós-Graduação em Geografia da UFPB e da UFRGS. E-mail: [dircesuerte@gmail.com](mailto:dircesuerte@gmail.com).

Recebido 15/06/2020

Enviado para correção 24/06/2020

Aceito 27/06/2020

### RESUMO

Este artigo constitui, na sua origem, um capítulo do livro *Arenização natureza socializada*, de 2012, adaptado para o formato de artigo, expressando uma leitura sobre a gênese e sobre os processos morfogenéticos, compreendidos como desencadeadores da arenização, que origina os areais, constituindo uma sistematização da pesquisa elaborada sobre o tema há mais de 30 anos e, sobretudo, um ensaio de interpretação sobre as dinâmicas de arenização e de formação de areais. A região de ocorrência dominante destes processos é o sudoeste do Rio Grande do Sul, Brasil. Cabe esclarecer que, ao tratar de arenização, foi necessário, inicialmente, distinguir desertificação de arenização, uma vez que, na origem dos estudos, relativos a tais feições (areais), estas foram vinculadas ao conceito de deserto e o processo, ao de desertificação (SOUTO, 1985), os quais as pesquisas posteriores (SUERTEGARAY, 1987) revelaram inadequados, tratando-se de feições em ambientes subtropicais.

**Palavras-chave:** Arenização. Areais. Sudoeste do RS.

### ABSTRACT

This article originally constitutes a chapter of 2012's book *Arenização natureza socializada*, adapted for the article format, expressing a reading on both the genesis and the morphogenetic processes that triggers the arenization, originating sand spots, constituting a 30-year research systematization on the theme and, above all, an interpretation essay on the dynamics of arenization and formation of sand spots. The dominant region of occurrence of these processes is the southwestern portion of Rio Grande do Sul state, in Brazil. It is worth clarifying that, in order to deal with arenization, it was necessary, initially, to distinguish conceptually this process from desertification, since, in the origin of the studies of this phenomenon, it was linked to the concept of desert and its process, to desertification (SOUTO, 1985), which later researches (SUERTEGARAY, 1987) revealed to be inadequate, since these features occurs in subtropical environments.

**Keywords:** Arenization. Sand spots. Southwest of RS.

### RÉSUMÉ

Cet article constitue, à son origine, un chapitre du livre *Arenização nature socialisée*, de 2012, adapté au format de l'article, exprimant une lecture sur la genèse et sur les processus morphogénétiques, compris comme déclencheurs de l'arénisation, à l'origine du sable, constituant une systématisation des recherches menées sur le sujet depuis plus de 30 ans et, surtout, un essai d'interprétation sur la dynamique de l'arénisation et de formation des aires sableuses. La région d'occurrence dominante de ces processus est le sud-ouest du Rio Grande do Sul, au Brésil. Il convient de préciser que, lorsqu'il s'agit d'arénisation, il était nécessaire, dans un premier temps, de distinguer la désertification de l'arénisation, car, à l'origine des études, liées à de telles caractéristiques (sableuses), celles-ci étaient liées au concept de désert et au processus, à celui de désertification. (SOUTO, 1985), dont les recherches ultérieures (SUERTEGARAY, 1987) se sont révélées inadéquates, dans le cas des caractéristiques des environnements subtropicaux.

**Mots clés:** L'Arénisation. Dépôts sableux. Sud-ouest de RS

### INTRODUÇÃO

Este texto se constitui, na origem, um capítulo do livro *Arenização natureza socializada*, adaptado para o formato de artigo, que traz leituras sobre a gênese e sobre os processos morfogenéticos, compreendidos como desencadeadores da arenização, os quais originam os areais. Trata-se de uma compreensão destes fenômenos, que se inicia com Suertegaray (1987) e que se amplia, com a pesquisa vinculada ao grupo **Arenização/desertificação - questões ambientais**, ligado ao CNPq. Neste texto, optou-se por trabalhar com a morfogênese, uma vez que a dinâmica atual se constitui como uma tarefa de investigação, associada, sobretudo, à pesquisa desenvolvida por Verdum, desde sua tese, em 1997, em que liga a dinâmica e a intensificação dos processos geomorfológicos à variabilidade climática da época presente.

Da mesma forma, cabe esclarecer, ainda, que, para que este texto trate de arenização, foi necessário distinguir tal fenômeno do da desertificação, anteriormente, uma vez que, na origem dos estudos relativos aos areais, estes foram vinculados ao conceito de deserto e o processo, ao de desertificação (SOUTO, 1985).

## CONCEITUAÇÕES DE ARENIZAÇÃO E DE DESERTIFICAÇÃO

A partir da década de 1970, no Rio Grande do Sul, em especial, na Campanha Gaúcha, a área drenada pelos rios que compõem a bacia do rio Uruguai começa a ser vista como uma área sujeita a processos de **desertificação**. Esta visão se deve aos primeiros trabalhos, feitos à época, e, especialmente, à imprensa, que passa a divulgar uma série de reportagens sobre a degradação dos solos daquela região, denominando a feição como deserto. Nesse período, difundem-se trabalhos e reportagens, que tratam do fenômeno visualizado como deserto e do processo, como desertificação, associando os referidos processos às atividades humanas, seja à pecuária, através do sobrepastoreio, seja à agricultura, através da expansão da lavoura de soja e da chegada da mecanização, especialmente, em municípios, como Alegrete, São Francisco de Assis e Itaqui.

Nessa época, realizou-se a Conferência das Nações Unidas sobre Desertificação, em Nairóbi, no Quênia, em 1977. Nessa conferência, foram discutidos os conceitos de desertificação, além das problemáticas, decorrentes da intensificação do uso do solo, em particular, no Sahel, no Norte da África. Resultou, daí, a progressiva divulgação dos conceitos sobre desertificação.

Há, na literatura científica, um número expressivo de conceitos, relativos à desertificação, os quais, de maneira geral, associam a desertificação a processos de degradação de terras, pelas atividades humanas.

Nesse sentido, o primeiro conceito, a que faremos referência, resulta da Conferência das Nações Unidas sobre Desertificação (1977), presente no texto de Vasconcelos Sobrinho (1978):

Desertificação é a diminuição ou a destruição do potencial biológico da terra, o qual desemboca **em definitivo** em condições do tipo desértico. A desertificação é um aspecto da deterioração **generalizada** dos ecossistemas, sob pressões combinadas de um clima adverso e flutuante e de uma exploração excessiva (VASCONCELOS SOBRINHO, 1978, grifos da autora).

O segundo conceito é extraído do Seminário sobre Desertificação no Nordeste Brasileiro, também, de autoria de Vasconcelos Sobrinho (1978):

A desertificação é devido à fragilidade dos ecossistemas das terras secas em geral, que, em decorrência da pressão excessiva exercida pelas populações humanas ou às vezes pela fauna autóctone, perdem sua produtividade e capacidade de recuperar-se (VASCONCELOS SOBRINHO, 1978, grifos da autora).

Na Conferência Rio 92, o conceito de desertificação é compreendido como a destruição do potencial biológico de terras áridas, semiáridas e subsumidas secas, podendo-se, assim, estabelecer a escala espacial, proposta para cartografar o processo. Na avaliação dos conferencistas, na desertificação ocorre a deterioração da vida, uma interferência na relação entre clima, solo e vegetação, ocasionando o rompimento do equilíbrio desses três fatores, que compõem o meio. O conceito mais usual considera:

Desertification is the impoverishment of terrestrial ecosystems under the impact of man. It is the process of deterioration in these ecosystems that can be measured by reduced productivity of desirable plants, undesirable alterations in the biomass and the diversity of the micro and macro fauna and flora, accelerated soil deterioration, and increased hazards for human occupancy (DREGNE, 1986 *apud* SUERTEGARAY, 2012, p. 129).

A análise desses conceitos, bem como os de outros autores (EL-KASSAS, 1977; BERMUDEZ, 1986; HARE, 1977), indica, como causa da desertificação, a atividade humana, através da exploração excessiva da natureza e, ao mesmo tempo, vincula, a exemplo dos dois primeiros conceitos citados, a desertificação a uma forma de degradação, que “desemboca, em definitivo, em condições do tipo desértico” (climático) ou que pode ocorrer em “áreas secas, em geral”.

Partindo, portanto, desses conceitos, e analisando a região de ocorrência de processos de erosão de solos, com exposição de areia, na bacia do rio Uruguai, mais precisamente, na região Sudoeste do Rio Grande do Sul, considerou-se inadequado o uso dos conceitos de desertificação, como explicações para os processos característicos dessas áreas.

Denominou-se a feição observada como **areal** (SUERTEGARAY, 1987) (denominação/toponímia dada a áreas de areia exposta) e o processo, como **arenização**. No entanto, mesmo que tenhamos excluído o processo de erosão do sudoeste do Rio Grande do Sul da ótica da desertificação, convém explicitar a construção do conceito de arenização.

Figura 1 - Vista parcial de um areal, localizado na bacia do arroio Cati, afluente do rio Quaraí, pertencente à Bacia do Rio Uruguai, no município de Quaraí (RS).



Fonte: acervo pessoal de Dirce Suertegaray (2015).

Observe-se, ainda, que a *Classificação Mundial sobre Áreas de Risco em relação à Desertificação*, resultante da Conferência sobre Desertificação das Nações Unidas, de 1977, não coloca o RS como área de risco de desertificação, nem mesmo, em caráter moderado.

Suertegaray (1987), partindo da análise de conceitos sobre desertificação e analisando a região de ocorrência do processo de erosão, considerou inadequado o uso do conceito de desertificação, para explicar os processos lá observados, uma vez que o espaço não se constitui em uma região árida, semiárida ou, mesmo, subúmida, pois são registradas precipitações médias anuais em torno de 1.400mm, e, igualmente, não há evidências confiáveis de que a expansão desse processo estaria mudando o clima regional (úmido) para um clima do tipo semiárido ou árido, como indica o conceito de desertificação da Conferência de Nairóbi de 1977.

Assim, para sintetizar a explicação deste processo, Suertegaray (1987) construiu o conceito de arenização, entendendo-o como “[...] o retrabalhamento de depósitos arenosos pouco ou nada consolidados, que promove, nessas áreas, uma dificuldade de fixação de vegetação, devido à constante mobilidade dos sedimentos” (SUERTEGARAY, 1987, p. 112).

Para a autora, o processo de formação de areais no sudoeste do Rio Grande do Sul resulta da arenização, conceito mais recentemente ampliado, em Suertegaray e Verdum (2008):

O retrabalhamento desses depósitos, no caso de formações superficiais, provavelmente quaternárias, resultou de uma dinâmica morfogenética onde os processos hídricos superficiais, particularmente o escoamento concentrado do tipo ravina ou voçoroca, associados às chuvas torrenciais, expõe, transporta e deposita areia, dando origem à formação de areais, que, em contato com o vento, tendem a uma constante remoção (SUERTEGARAY; VERDUM, 2008, p. 14).

A perda de nutrientes e a mobilização dos sedimentos dificultam a continuidade da pedogênese e a fixação da vegetação, resultando em areais, os quais constituem a forma mais evidente desse processo. Entre outras características, um areal tem uma área sem presença de cobertura vegetal, constituída por depósitos arenosos recentes (holocênicos), portanto não consolidados, em constante remoção, por processos hídricos e eólicos atuais.

Figura 2 - Processo de arenização, representado pela formação de ravinas, em rampas, na base de morros testemunhos (morros isolados).



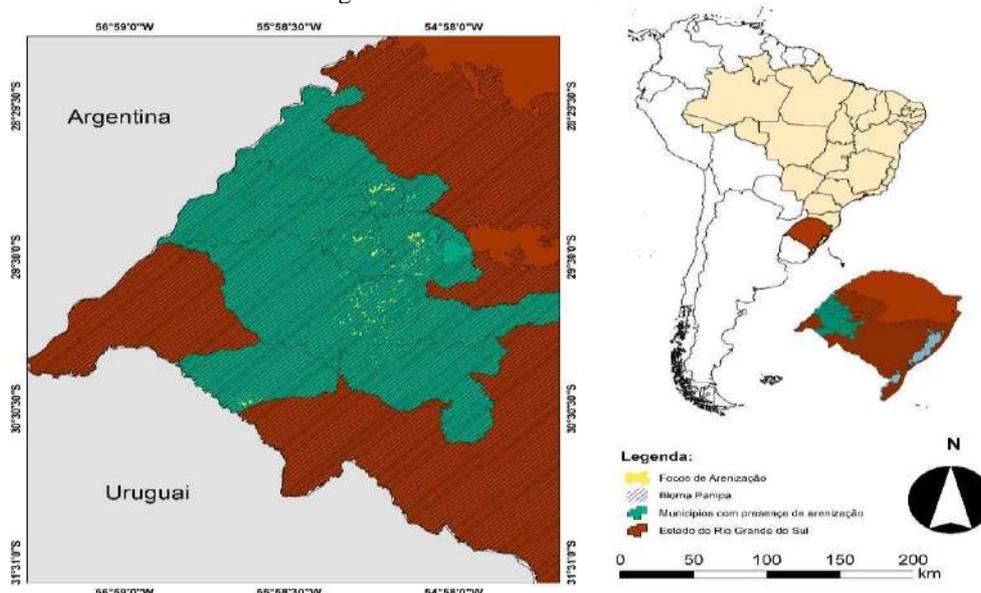
Fonte: acervo pessoal de Clódís de Oliveira Andrades Filho (2007).

Os areais tornam-se visíveis na paisagem, enquanto superfícies arenosas contínuas, com ausência de recobrimento e com algum tipo de cobertura vegetal. No sudoeste do Rio Grande do Sul, esse processo foi descrito, por Suertegaray (1987), como sendo de origem natural, podendo ser intensificado, pelas atividades pastoris ou agrícolas.

## CARACTERÍSTICAS DAS ÁREAS DE OCORRÊNCIA DE AREAIS

Na bacia do rio Uruguai, mais precisamente, no sudoeste do Rio Grande do Sul, as áreas reconhecidas, regionalmente, como areais, localizam-se entre as latitudes 20°00'S e 31°00'S e as longitudes 54°30'W e 58°45'W (Figura 3). Como areais, entendem-se áreas (manchas) de pequeno, de médio e de grande porte, que se individualizam, ao longo de uma área de cobertura vegetal contínua, por serem formados por depósitos de areia, expostos a constante remoção, por processos de escoamento concentrado (ravinas e voçorocas) e eólicos (deflação). Além destas **manchas**, a área também apresenta o que se denomina focos de arenização, com cobertura vegetal rarefeita e significativa presença de ravinas e de voçorocas.

Figura 3 - Área de ocorrência de areais



Fonte: elaborada pelo geógrafo Ms. Mateus G. Oliveira (2018).

Os areais têm um padrão de localização característico, ou seja, localizam-se, predominantemente, em vertentes médias de colinas ou de morros testemunhos, formas de relevo típicas da área. O substrato, sobre o qual esse processo se desenvolve, é arenoso, decorrente, em grande parte, de deposição eólica pretérita, e sua vegetação original é de campo.

As áreas mais deprimidas da topografia regional constituem as Planícies de Inundação (várzeas de rios), que se caracterizam, pela presença de solos argilo-arenosos, com elevado teor de matéria orgânica, por conseguinte não são áreas de ocorrência de areais, conforme definido, anteriormente.

Ao longo dos rios dessas áreas, há presença de depósitos arenosos, característicos de rios meandrosos. Estes apresentam forma de meia lua (*point bar*) e resultam da dinâmica hídrica, sendo decorrentes de processos fluviais e, portanto, diferentes daqueles encontrados nas encostas médias, que dão origem aos areais, cujo processo de assoreamento fluvial está associado, em alguns canais, à erosão e ao transporte de materiais, pela dinâmica da arenização.

Em que pese a dinâmica natural na explicação desse processo, a **ação antrópica** sobre estes ambientes pode favorecer à intensificação dos processos. Suertegaray *et al.* (1994), centrando estudos em período histórico mais recente (1960-1993), através de análise multitemporal, avaliaram o uso do solo e as suas transformações, particularmente, na região de ocorrência da expansão da agricultura da soja. Os dados levantados, em uma área-piloto, nos limites de São Francisco de Assis e de Manuel Viana, indicam o surgimento de novas manchas de areia (areais) e a análise multitemporal, feita por fotografias aéreas de 1964 e por imagens de satélite LandSat TM-5 de 1989, indica um aumento de 47,52 ha na extensão dos areais, em um período de 25 anos.

As áreas de ocorrência de areais estão diretamente vinculadas aos municípios de Quaraí, de Alegrete, de Itaqui, de São Francisco de Assis, de Manuel Viana, de Maçambara, de Unistalda, de São Borja, de Rosário do Sul e de Cacequi, e a extensão de areais, para o conjunto desses municípios, está expressa na Tabela 1. Ao observar esta tabela, verifica-se uma pequena variação na extensão dos areais, para o período analisado (1989-2004/05), ou seja, a variação do total de 3.024,37 ha, em 1989, para 3.027,41 ha, em 2004/05, revela que não há expansão

dos areais.

Por outro lado, ao observar os dados, por município, verifica-se a expansão dos areais, em alguns municípios, enquanto, em outros, nota-se a sua redução. São exemplos de expansão os municípios de Alegrete, de Manuel Viana, de São Borja, entre outros, enquanto o município de São Francisco de Assis apresentou redução da área.

Em classificação mais recente (visual), obteve-se um valor maior, em extensão, para os areais (4.948,19 ha), o que pode ter resultado de mudanças de método ou de procedimento de quantificação, bem como de análise, em escala de maior detalhe, com imagens com pixel de quatro metros, mais precisas do que as imagens LandSat, anteriormente utilizadas, com pixel de 30 metros.

Tabela 1 – Extensão dos areais, por município do sudoeste do Rio Grande do Sul, para os anos de 1989 e de 2004/05.

Município	Área do município (ha)	Área de areais (ha)		% de areais, por município		Nº de manchas arenosas	
		1989	2004/05	1989	2004/05	1989	2004/05
		Alegrete	772.060,0	934,67	939,87	0,1211	0,1217
Cacequi	233.307,0	9,36	18,00	0,0040	0,0077	17	16
Itaqui	329.675,0	23,30	14,48	0,0071	0,0044	17	31
Maçambará	178.857,0	276,66	276,12	0,1547	0,1544	186	217
Manuel Viana	128.738,0	551,97	561,78	0,4287	0,4364	152	142
Quaraí	322.466,0	230,40	234,09	0,0714	0,0726	94	169
Rosário do Sul	437.887,0	15,39	26,46	0,0035	0,0060	38	27
São Borja	380.185,0	194,94	212,40	0,0513	0,0559	150	92
São F. de Assis	259.859,0	765,27	720,72	0,2945	0,2773	335	334
Unistalda	57.601,0	22,41	23,49	0,0389	0,0408	47	60
<b>TOTAL</b>	<b>3.100.635,0</b>	<b>3.024,37</b>	<b>3.027,41</b>	<b>0,0975</b>	<b>0,0976</b>	<b>1497</b>	<b>1634</b>

Fonte: Suertegaray, Guasselli e Verdum (2001).

## A GÊNESE NATURAL DOS AREAIS

Outra questão, diz respeito à gênese natural dos areais. Para investigar esta temática, trabalhou-se com dados da História, em busca de comprovação da existência desses areais, em período relativo à ocupação territorial, por portugueses e por espanhóis. Indicativos da existência de areais, em períodos bastante recuados, encontram-se em Ave- Lallemand (1980, p. 332). Em seu livro, o autor escreve, referindo-se aos areais do município de Alegrete:

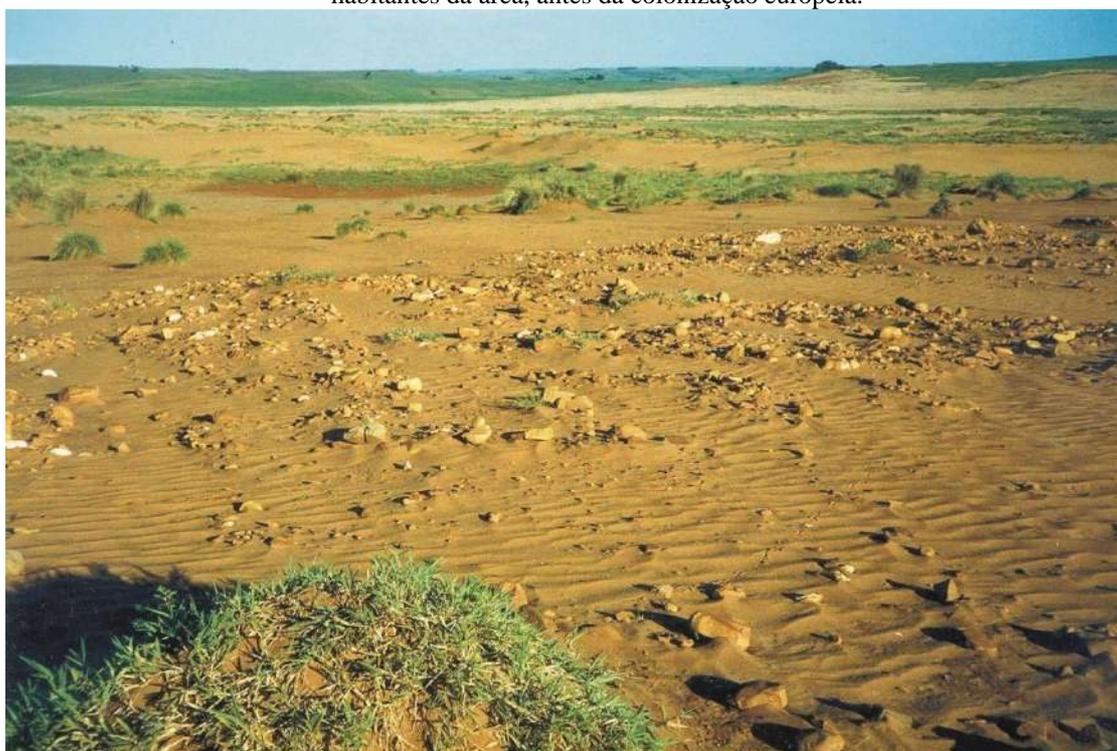
A lua um pouco velada deitava um clarão turvo sobre a região. Subitamente, em torno de nós tudo parecia branco. Crer-se-ia viajar em um campo de neve. Em volta a areia pura, limpa, sem nenhuma vegetação, verdadeiro deserto africano, embora de pouca extensão. Dava-se uma impressão particularmente melancólica. Viajamos juntos em silêncio.

Outro indicativo da ocorrência dos areais, agora, no município de Quaraí, encontra-se em uma crônica de Heraclides Santa Helena, publicada no jornal Correio do Povo. Nessa crônica, o autor faz referência ao velho Braga. Segundo Heraclides, os ancestrais do velho Braga chegaram àquelas paragens, por volta de 1830, ou seja, poucos anos, após a concessão das primeiras sesmarias no município, então, denominado Distrito de Entre Rios (SUERTEGARAY, 1987).

Mais recentemente, Bellanca (2001), em sua dissertação de mestrado, resgata os

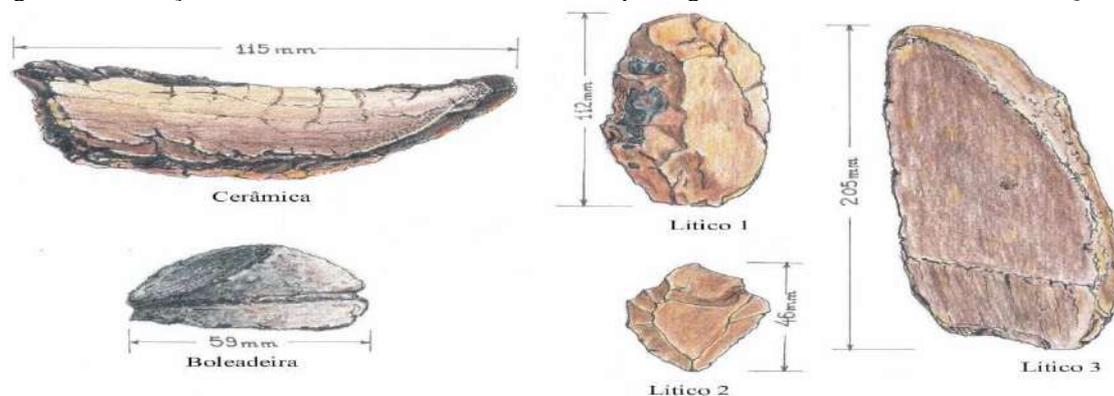
processos de transformação da paisagem, ao longo dos últimos 10.000 anos (Holoceno). Para tanto, trabalhou com dados provenientes da Geografia, da Geologia, da Geomorfologia e da Arqueologia. Sua interpretação indica que os povos coletores- caçadores, que viveram na região, coabitaram com os areais, pela ocorrência de sítios arqueológicos, junto às feições (Figuras 4 e 5). Tal interpretação corrobora as teses de que, na origem, os areais são naturais e de que o processo de arenização pode ser intensificado, pelo manejo inadequado do solo, o que é possível observar, em determinadas áreas do sudoeste, particularmente, naquelas utilizadas para o cultivo da soja.

Figura 4 - Areal no município de Quaraí/RS, com registros de sítio arqueológico e de artefatos – pedras lascadas, boleadeiras e fragmentos de cerâmicas –, datados de 12.000 anos A.P., que indicam a sucessão dos grupos habitantes da área, antes da colonização europeia.



Fonte: Bellanca (2001).

Figura 5 - Ilustração dos artefatos encontrados no Sítio Arqueológico Areal do Cerro da Panela, em Quaraí (RS).



Fonte: Bellanca (2001).

Estes dados apoiam a tese defendida por Suertegaray (1987), relativa à origem dos areais. Para a autora, estes são decorrentes de dinâmicas da natureza, ainda que a ação dos seres humanos possa influenciar o processo, como os estudos das dinâmicas atuais indicam.

## COMPARTIMENTAÇÃO GEOMORFOLÓGICA E FORMAÇÃO DE AREAIS

A área de ocorrência de areais no município de Quaraí, segundo Suertegaray (1987), tem, como substrato, o arenito da Formação Botucatu. Sobre esta formação Mesozoica se assentam depósitos arenosos não consolidados, originários de deposição hídrica e eólica, durante o Pleistoceno e o Holoceno, denominados Unidade A (Cati, de origem fluvial) e Unidade B (Areal, de origem eólica), respectivamente.

Sobre esses depósitos se originam os areais, mais particularmente, sobre os depósitos da unidade B, os quais apresentam teores mínimos de argila e de matéria orgânica. O retrabalhamento desses depósitos resulta da dinâmica de chuvas torrenciais, em que os processos hídricos superficiais, particularmente, o escoamento concentrado do tipo ravina ou voçoroca, expõem, transportam e depositam areia, dando origem à formação de areais, os quais, em contato com o vento, tendem a sofrer remoções constantes. A perda de nutrientes e a (re)mobilização dificultam a continuidade da pedogênese e a fixação da vegetação herbácea, resultando em sua expansão.

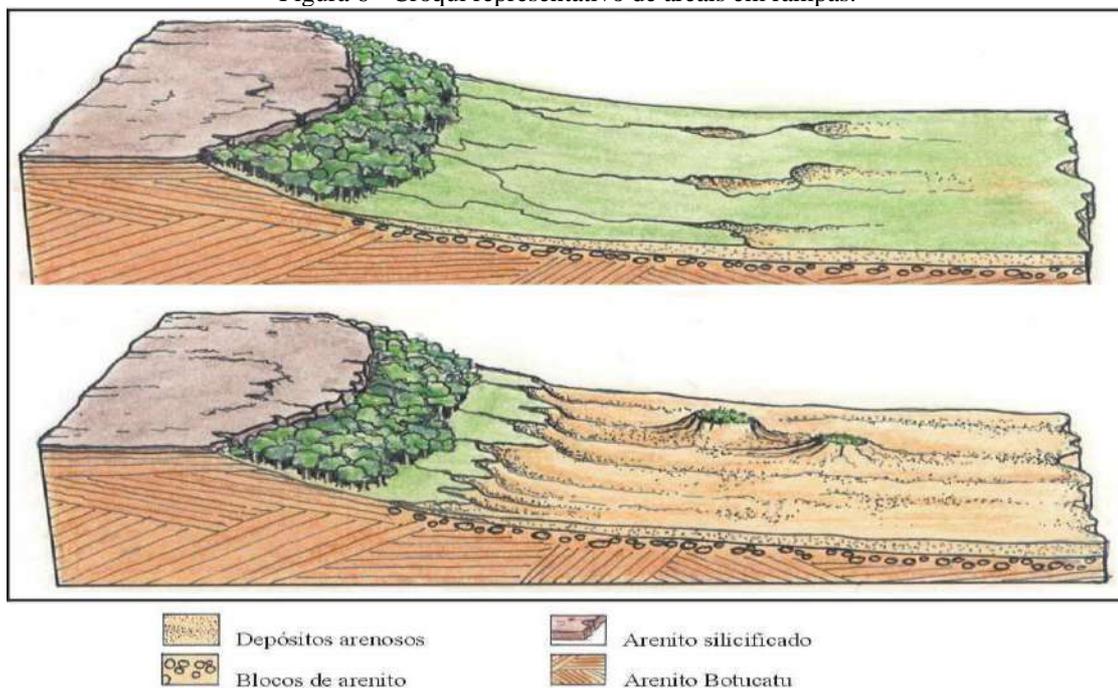
Um componente significativo da dinâmica da arenização é o escoamento subsuperficial, que ocorre em dutos e em fluxos mais profundos nos lençóis subterrâneos, responsáveis pela evolução de feições do tipo ravina para feições do tipo voçoroca, formas-processos, que derivam nos areais.

A formação dos areais, interpretada a partir de estudos geomorfológicos, associada às dinâmicas hídrica e eólica (SUERTEGARAY, 1987), indica que estes fenômenos resultam, inicialmente, de processos hídricos. Tais processos, relacionados a uma topografia favorável, permitem, em uma primeira fase, a formação de ravinas e de voçorocas, as quais se desenvolvem, na continuidade do processo, por erosão lateral e regressiva, alargando suas bordas (Figura 6).

Por outro lado, a jusante destas ravinas e destas voçorocas, em decorrência do processo de transporte de sedimentos, pela água, durante episódios de chuvas torrenciais, formam-se depósitos arenosos, em forma de leques. Com o tempo, esses leques vão se agrupando e, em conjunto, dão origem a um areal, enquanto o vento, que atua sobre essas areias, em todas as direções, permite a sua expansão.

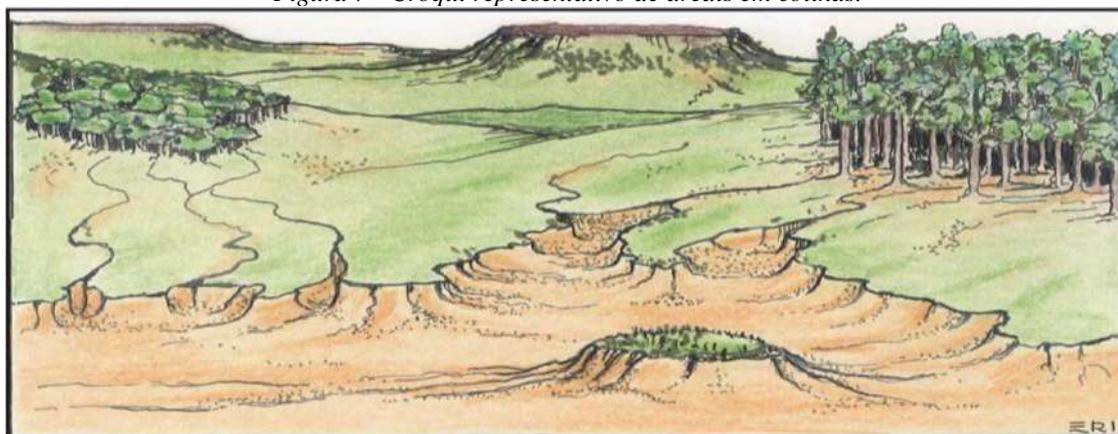
Os areais ocorrem sobre unidades litológicas frágeis (depósitos arenosos), em áreas com baixas altitudes e declividades, sendo comuns nas colinas médias ou nas rampas, em contato com escarpas de morros testemunhos. Estes, conforme levantamento e cruzamento de dados de declividade, têm maior área de ocorrência nas faixas de declividade de 0° - 3° e de 3° - 6° (Tabelas 2 e 3). Na região dos areais, as classes de declividades mais elevadas correspondem às áreas de maior altitude, caracterizadas pela escarpa do Planalto e pelas escarpas de morros testemunhos (Figuras 6 e 7).

Figura 6 - Croqui representativo de areais em rampas.



Fonte: elaborado por Bellanca (2001), a partir de Suertegaray, Guasselli e Verdum (2001).

Figura 7 - Croqui representativo de areais em colinas.



Fonte: elaborado por Bellanca (2001), a partir de Suertegaray, Guasselli e Verdum (2001).

Esses compartimentos se diferenciam do conjunto rebaixado, que caracteriza a Depressão Central do RS, pois apresentam solos e cobertura vegetal diferenciados, ou seja, nos compartimentos mais elevados, predominam solos originários do basalto, com maiores teores de argila e com presença de cobertura vegetal expressiva. Tais áreas, mesmo com maiores valores de declividade, não revelam a presença de processos de arenização, como indicam os dados das Tabelas 2 e 3 (particularmente, nas faixas de declividade 6° - 9° e 9° - 15°), colhidos de áreas das bacias dos arroios Caraguataí e Miracatu, ambos afluentes da margem direita do rio Ibicuí, afluente do Uruguai. Portanto, os areais são comuns nas colinas médias ou nas rampas, em contato com escarpas de morros testemunhos.

Tabela 2 – Cálculo de áreas das classes de uso do solo, em relação às faixas de declividade, para a bacia do arroio Miracatu (jun./84 e dez./94).

Classes de uso	Classes de declividade (área em ha)									
	0°-3°		3°-6°		6°-9°		9°-15°		(%)	
	1984	1994	1984	1994	1984	1994	1984	1994	1984	1994
<b>Areal</b>	<b>170,2</b>	<b>320,0</b>	<b>8,6</b>	<b>4,9</b>	<b>5,8</b>	<b>1,8</b>	-	-	<b>0,77</b>	<b>1,35</b>
Foco de arenização	648,5	255,4	47,1	9,4	2,4	4,6	1,4	2,1	2,90	1,13
Mata nativa	3.165,4	2.028,6	313,3	325,4	225,0	179,5	20,1	16,5	15,44	10,57
Reflorestamento	34,5	35,0	4,3	1,1	0,5	2,0	-	-	0,16	0,16
Cultivo	6.815,5	5.722,2	646,2	616,8	208,4	171,5	18,3	16,7	31,87	27,06
Banhado e nascentes	798,5	95,6	30,9	8,8	32,8	1,1	4,2	-	3,59	0,44
Campo	9.171,3	12.518,2	937,4	1.208,0	230,1	273,8	12,2	16,2	42,92	58,11
Urb. e outros									2,35	1,18

Fonte: Souza *et al.* (1996).

Tabela 3 – Cálculo de áreas das classes de uso do solo, em relação às faixas de declividade, para a bacia do Arroio Caraguataí (jun./84 e dez./94).

Classes de uso	Classes de declividade (área em ha)									
	0-3°		3-6°		6-9°		9-15°		(%)	
	1984	1994	1984	1994	1984	1994	1984	1994	1984	1994
Areal	738,2	603,6	178,0	225,0	17,5	21,8	-	3,6	1,53	1,40
Foco de arenização	2.323,5	1.063,2	631,3	422,0	67,9	71,5	12,1	16,8	4,96	2,57
Mata nativa	7.835,1	6.457,6	4.980,3	3.940,7	2.111,6	1.068,4	482,7	201,4	25,17	19,06
Reflorestamento	90,8	94,9	64,4	30,4	58,5	13,2	3,4	2,1	0,36	0,23
Cultivo	9.850,9	9.853,9	3.058,0	3.234,9	579,6	746,3	113,0	178,2	22,22	22,89
Banhado e nascentes	1.829,9	174,7	227,7	46,6	36,6	3,7	0,5	1,8	3,42	0,37
Campo	17.809,4	22.597,7	6.640,1	7.983,5	922,2	1.646,3	143,4	374,2	41,68	53,25
Urb. e outros									0,66	0,23

Fonte: Souza *et al.* (1986).

Sobre outra ótica, a formação de ravinas e de voçorocas, processos, que estão na origem dos areais, pode, também, ser resultado do pisoteio do gado e do uso de maquinário pesado na atividade agrícola, originando sulcos e desencadeando condições de escoamento concentrado.

## A MORFODINÂMICA E A FORMAÇÃO DOS AREAIS

Considera-se que a gênese dos areais, no que se refere à morfodinâmica, pode ser sintetizada em três fases. A primeira, corresponde à formação de degraus de abatimento; a segunda, à formação de ravinas e de voçorocas; e a terceira, à formação do areal, propriamente dito. Entretanto, as fases, aqui sistematizadas, não estão presentes na gênese de todos os areais conhecidos, necessariamente, pois, embora tal sequência temporal de processos possa ser verificada, em determinados casos, ao observarmos a distribuição dos areais, nem todos expressam essas fases, sequencialmente.

Desse modo, é possível que a sequência aqui descrita esteja presente, com maior frequência, nos areais de colinas médias do que nos areais de rampas, conforme a classificação indicada, anteriormente. Nas porções médias de colinas (coxilhas), é possível evidenciar essas formas de colapso, conforme a Figura 8.

### Formação de degraus de abatimento: os condicionantes estruturais e o escoamento de águas subsuperficiais

Degraus de abatimento são feições, que também estão associadas a processos de arenização. Essas formas não são exclusivas dessa dinâmica e podem ser observadas, em outros tipos de substrato, seja no Rio Grande do Sul, seja no Uruguai (Figura 6).

Os estudos dos degraus de abatimento surgiram de observações de campo, ao longo do tempo de pesquisa. Essas observações se transformaram em novas questões, em busca de compreender a relação desses degraus com a arenização. Nessa temática, tem-se a contribuição de Uagoda e Suertegaray (2003), de Uagoda (2004) e de Fujimoto *et al.* (2010). A Figura 8 traz um exemplo dessas feições. Observa-se, entretanto, que essa forma é muito comum, em outras condições estruturais e geológicas, e representa um fenômeno de perspectiva regional, que interfere e que auxilia na formação de areais (UAGODA, 2004).

Figura 8 - Feição denominada degrau de abatimento, associada à formação de areais.



Fonte: acervo pessoal de Dirce Suertegaray (2010).

Para um maior detalhamento da origem dessas formas, foram realizados alguns trabalhos, nessa temática, cujos resultados parciais são apresentados, na continuidade.

Uagoda (2004), ao estudar essas feições, faz as seguintes considerações:

[...] as áreas próximas aos lineamentos tectônicos oferecem uma resposta espectral que indica a maior incidência de óxidos de ferro, entre os materiais de cobertura superficial, demonstrando certa relação entre a distribuição de lineamentos e áreas mais ou menos suscetíveis aos processos erosivos. Estas respostas espectrais coincidem com as informações obtidas da análise sedimentológica, tanto na macroscopia, quanto na granulometria.

[...]

Considerando-se apenas o teor de elementos agregadores, fração silte e argila, esse é menor nas áreas onde a resposta espectral informa riqueza em óxidos de ferro e proporcionalmente maior nas demais.

[...]

O estudo dos comportamentos internos dos testemunhos experimentais construídos na área leva a duas considerações. A primeira é relativa às concreções ferruginosas de tamanho cascalho. Elas são encontradas na base do testemunho à montante da ruptura do degrau, área que na imagem é indicada com grande presença de argilominerais. A segunda é quanto à diminuição dos percentuais dos elementos agregadores (tamanho silte e argila) dos testemunhos montantes para os testemunhos jusantes (da ruptura do degrau de abatimento).

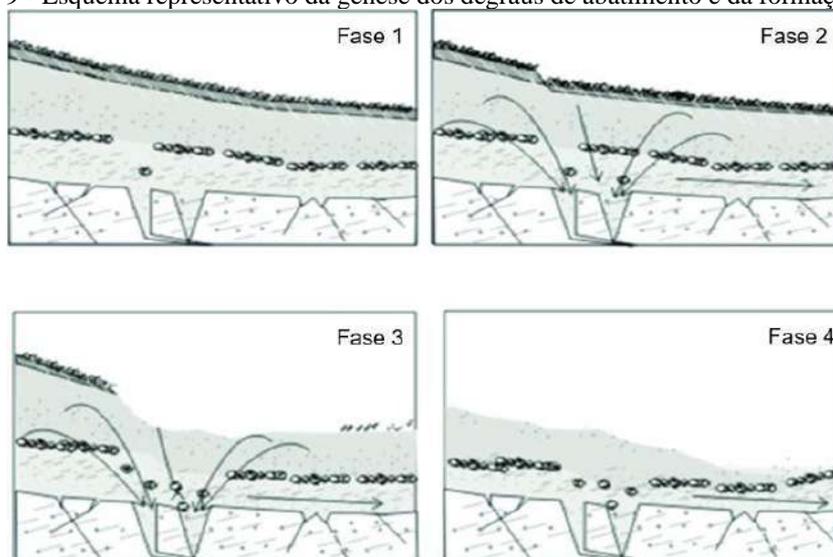
[...]

A representação dos padrões geológico-geomorfológicos permite interpretar que o fluxo subsuperficial de água é vertical e condicionado por descontinuidades de um substrato rochoso irregular. Esse escoamento subsuperficial condiciona o carreamento de elementos agregadores, argila e silte, como o demonstrado nas análises granulométricas. Após os elementos cimentadores serem carreados, o esqueleto também o é, aumentando a erodibilidade do terreno.

[...]

A partir dessas informações, foram construídos esquemas explicativos, quanto à gênese e à evolução esperadas, da forma denudacional – degrau de abatimento –, para a área estudada. O esquema na Figura 9 demonstra a gênese dos degraus de abatimento, a partir dos resultados obtidos e do seu desenvolvimento esperado, em um esforço de abstração.

Figura 9 - Esquema representativo da gênese dos degraus de abatimento e da formação de areais.



Fonte: Uagoda (2004).

Através de sua análise, pode-se visualizar o substrato rochoso irregular que concentra o fluxo subsuperficial, causando carreamento de elementos agregadores do esqueleto quartzoso e o abatimento do relevo em forma de degrau. Na continuidade, em particular para a bacia do Arroio Puitã, ocorre o desenvolvimento de ravinas, voçorocas e areais. A revisão da literatura mostrou que esse condicionamento é possível, principalmente em áreas de cabeceira de drenagem, onde padrões de relevo que possuem pouca declividade condicionam um escoamento quase sempre vertical, percolando falhas do substrato rochoso.

As análises permitem dizer que paralelos ou perpendiculares a estes lineamentos são encontrados uma sucessão de descontinuidades, falhamentos ou fraturas subverticais. Verificou-se a existência destes lineamentos na área estudada, a partir da análise de imagens digitais de satélites orbitais e da confecção de perfis geológico- geomorfológicos. Em campo, observou-se que zonas de fraturas são localizadas próximas às áreas de ocorrência dos degraus de abatimento. Da mesma forma, verificou-se certa relação entre os lineamentos e a distribuição de áreas mais ou menos susceptíveis à ocorrência de processos erosivos (UAGODA, 2004).

Fujimoto (2010; 2012), ao estudar essas formas, buscando compreendê-las, através da dinâmica hídrica/lixiviação/solução, chega às seguintes considerações:

Por último, as análises sedimentológicas realizadas sugerem que o processo que origina os degraus de abatimento se dá em superfície, e a sua gênese está relacionada com a perda de óxidos de ferro, o qual é a matriz que adere às partículas unitárias, ligando-as umas às outras. A remoção desse ferro causa a desagregação das partículas, sua acomodação em consequência da retirada da matriz existente entre os grãos, causando dessa forma o colapso da superfície. Segundo Vitte (1998), a dissolução dos óxidos de ferro e/ou alumínio acarreta em colapso nos horizontes superficiais, conduzindo ao desenvolvimento de depressões que paulatinamente se coalescem, resultando no abatimento da superfície. Além disso, em função do aprofundamento dessa superfície e a intensidade da pedogênese por meio do colapso da estrutura ferro-argila, o material grosseiro fica depositado nos horizontes superficiais (FUJIMOTO *et al.*, 2012, p. 278).

### Formação de ravinas e de voçorocas

No item anterior, apresentou-se um exemplo de estudo, relativo à formação da feição degrau de abatimento, que é passível de ser correlacionada com o surgimento dos areais. No compartimento de relevo, no qual as feições de ravinas, de voçorocas e de areais são comuns, também estão presentes os degraus de abatimento e, muitos deles, em associação com a formação de ravinas ou, mesmo, de voçorocas.

Na dinâmica da arenização, tem-se, na continuidade, a formação de ravinas e de voçorocas. Para seu entendimento, será caracterizada, inicialmente, a paisagem, de maneira geral, bem como os compartimentos de relevo, em que ocorrem areais ou processos de arenização.

Figura 10 - Formação de areais, em cabeceiras de drenagem, em áreas de colinas (coxilhas, na denominação regional), no município de São Francisco de Assis (RS).



Fonte: Suertegaray, Guasselli e Verdum (2001).

Mais especificamente, a arenização é um processo, cuja sequência evolutiva natural apresenta, conforme estudos geomorfológicos de Suertegaray (1987; 1992; 1998), localização similar, correspondendo, não raro, a divisores de água, a cabeceiras fluviais e/ou a vertentes médias, limitadas, a montante, por escarpas areníticas (Figuras 10 e 11). Portanto, a ocorrência de

areais segue um padrão de localização característico na área, ou seja, predominam nas vertentes médias das colinas ou nas rampas, em bases de morros testemunhos, formas de relevo típicas da região.

Nos setores de vertentes médias dominam processos de ravinamentos e de voçorocamentos, associados, em geral, a bacias de captação fluvial, a montante, limitadas pela feição degrau de abatimento.

Figura 11 - Formação de ravinas e de areais, em rampas, limitadas, a montante, por escarpas de morros, na bacia do arroio Maçambará, no município de mesmo nome (RS).



Fonte: Suertegaray, Guasselli e Verdum (2001).

No primeiro plano da foto, observa-se a presença de rampa ravinada e a formação de areal, e, ao fundo, um morro testemunho.

O substrato, sobre o qual o processo de arenização se desenvolve, é arenoso, decorrente, na sua grande parte, de deposição eólica pretérita (do Quaternário).

Estudos feitos nas regiões de ocorrência de areais indicam domínio de solos arenosos, com diferentes teores de areia. A análise de algumas amostras (SUERTEGARAY, 1987) indica que as amostras da Unidade B (eólica) têm predominância de areia (87% e 94,88%). Estes dados se referem à unidade, em que predominam os areais, e o percentual de 87% corresponde a áreas com substrato arenoso e com cobertura vegetal de campo, enquanto o percentual de 94,88% é representativo de um areal, propriamente dito, de área sem cobertura vegetal, portanto, que sofre constante processo de remoção de sedimentos, pelo vento e/ou pela água. Valores percentuais menores de areia (por exemplo, de 46,12%) são indicativos de uma unidade deposicional fluvial (Unidade A), com cobertura de campo.

Os solos que caracterizam essas áreas foram reclassificados como Neossolos Quartzarêncios Órticos, mais recentemente (EMBRAPA, 2006; SCOPEL *et al.*, 2012). Tratam-se de solos novos, pouco desenvolvidos, muito frágeis e altamente susceptíveis à erosão hídrica e, quando expostos, à erosão eólica, cuja cobertura vegetal original é de campo.

O processo inicial de formação de areais ocorre em áreas de biomassa reduzida (em domínio do campo), evoluindo para **manchas arenosas** ou areais, propriamente ditos, pela ação de processos hídricos, evidenciados pela presença de feições de erosão, como áreas de ravinamento e de formação de voçorocas.

O retrabalhamento desses depósitos resulta de uma dinâmica, na qual os processos hídricos superficiais, particularmente, o escoamento concentrado do tipo ravina ou do tipo voçoroca, expõe, transporta e deposita areia, dando origem a areais, que, em contato com o vento, através de processos de deflação, tendem a sofrer remoções constantes. Em síntese, o progressivo desenvolvimento de ravinas e de voçorocas levaria, em fases posteriores, a uma coalescência de

depósitos arenosos a jusante. Essa deposição, associada à expansão lateral e remontante das ravinas e das voçorocas, promove a formação do areal, propriamente dito.

Assim, a ocorrência dos areais está associada ao substrato arenoso (de formações superficiais), com cobertura vegetal original de campo, que sofre a intensificação do processo de escoamento concentrado, característico do clima úmido atual.

Em termos paisagísticos, os areais são resultado da atuação de processos de clima úmido, retrabalhando formações superficiais, características de clima semiárido ou semiúmido de um passado recente. Tudo indica que a constituição da paisagem e, em particular, a pedogênese e a cobertura vegetal, dado o curto espaço entre o último período seco (Holoceno) e a umidificação atual – de 2500 A.P., aproximadamente –, favorecem à fragilidade atual, permitindo o retrabalhamento e a exposição do substrato.

### O processo de arenização e a formação de areais

Em síntese, podemos dizer que os **areais** ocorrem em áreas com substrato arenoso ou arenoargilosos, definidas como formações superficiais, ou seja, depósitos recentes – quaternários. Estes dados, associados a outros indicadores, permitiram a reconstituição paleoclimática do local e a conclusão de que os areais são áreas de retrabalhamento recente de depósitos, sob clima úmido, cuja origem estaria associada a condições ambientais diferentes das atuais.

O **processo de arenização**, por sua vez, ocorre em áreas com aptidão natural para a ocorrência de processos erosivos. Sua gênese, em alguns setores, evolui da formação de degraus de abatimento para a constituição de ravinas e/ou de voçorocas.

O processo de ravinamento se vincula à dinâmica hídrica superficial e apresenta maior intensidade, quando ocorrem chuvas torrenciais. Estas ravinas, em alguns casos, podem evoluir para voçorocas, quando o componente hídrico, que se vincula à dinâmica desta feição, e o escoamento subsuperficial, isto é, sua morfodinâmica, expressam uma profunda ligação com as circulações de água subsuperficiais e subterrâneas.

Os processos de transporte hídrico, derivados das dinâmicas de ravinas e de voçorocas, depositam leques arenosos a jusante, que, associados à evolução das próprias voçorocas (erosão lateral e remontante), dão origem aos areais, impulsionados, nesta fase, também, pelas dinâmicas eólicas, através de processos de deflação.

O vento pode ampliar a formação de um areal, na medida em que encobre a vegetação campestre reptante, promovendo seu sufocamento. Na Figura 12, observa-se o areal do município de Maçambará (RS), que apresenta, ao fundo, um morro testemunho, com rampa, em sua base, indicando a presença de ravinas e a ocorrência de grande extensão de areia exposta (areal), a jusante.

A mobilidade deste areal ocorre pela ação da água da chuva, na forma de escoamento concentrado, e do vento, através da varredura da superfície, em momentos de maior velocidade (deflação). Neste caso específico, a proximidade dessa feição ao curso d'água promove o assoreamento do arroio (sanga, em linguagem regional).

Figura 12 - Areal no município de Maçambará (RS).



Fonte: Suertegaray, Guasselli e Verdum (2001).

Os areais da bacia do rio Uruguai (sudoeste do RS) constituem feições antigas da paisagem, que se associam a dinâmicas hídrica e eólica, em solos frágeis, resultando em uma associação de processos, que, mais recentemente, têm sido intensificados, pelo uso do solo. Não obstante, se os areais se expandem, em algumas áreas, em outras, naturalmente, se recuperam, na medida em que a vegetação os estabiliza.

Trata-se de um fenômeno complexo, que pode ser desencadeado, por agentes naturais ou por atividades humanas. No sudoeste do Rio Grande do Sul, os areais do município de Quaraí foram interpretados, por Suertegaray (1987), como de origem natural, podendo ser intensificados, pela atividade pastoril. O sobrepastoreio e a atividade agrícola, sobretudo, o plantio mecanizado de soja, foi apontado, por Verdum (1997), como causa da arenização na região de São Francisco de Assis (RS), por exemplo.

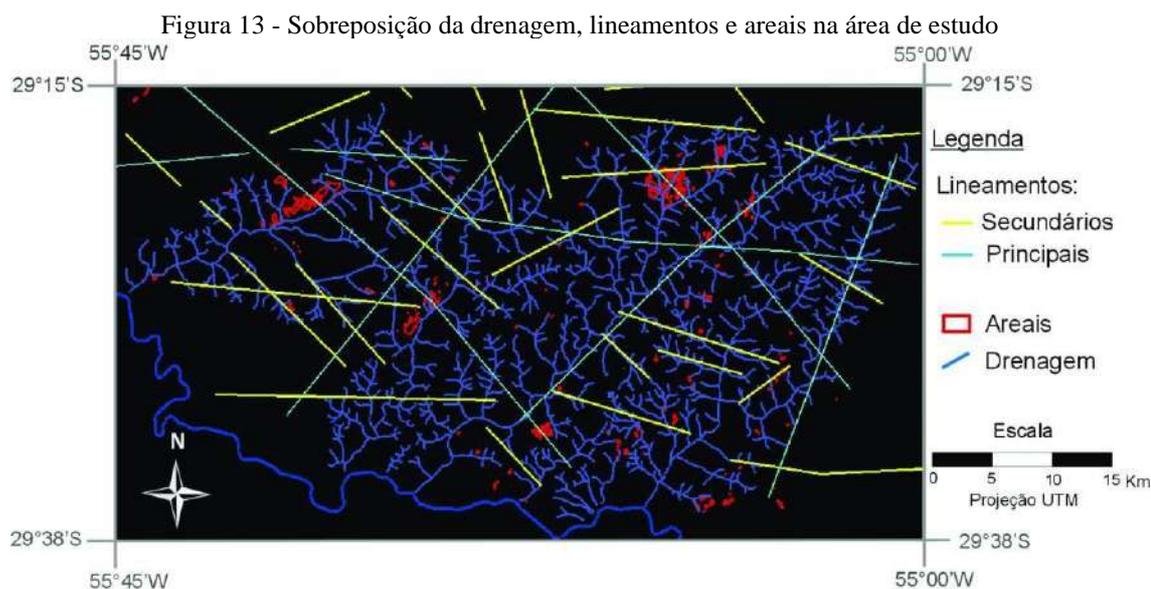
### **A MORFOGÊNESE DA PAISAGEM E A PRESENÇA DE AREAIS: O TEMPO LONGO (TIME)**

Para compreender os processos, que dão origem à formação dos areais e à dinâmica da arenização, e para responder à questão colocada no início desta investigação – Qual é a origem dos areais? –, pressupôs-se uma análise de tempo longo (o tempo profundo dos geólogos), em associação aos tempos mais atuais, curtos, ou seja, de ritmos e de mudanças rápidas. Com base nesta perspectiva de análise, que valoriza o tempo longo e seus ritmos lentos, elabora-se esta síntese, que se considera uma compreensão da gênese dos areais.

Para compor essa interpretação, partiu-se da compreensão do substrato geológico. As rochas, que compõe o substrato, no qual ocorrem os areais, são areníticas e decorrem do processo de intemperização/erosão, em algumas áreas da Formação Guará, mais recentemente, desmembrada da Formação Botucatu, e, em outras, da Formação Botucatu, as quais têm origem em ambientes Mesozoicos (fluviais e desérticos, respectivamente). Dos processos de erosão, de transporte e de deposição dos sedimentos destas rochas arenosas, e das rochas basálticas, que as cobriam, tem-se a sobreposição de depósitos superficiais, de origem Cenozóica, a exemplo das Unidades A (Cati) e B (Areal), identificadas em Quaraí (RS) (SUERTEGARAY, 1987) e em estudos mais atuais, elaborados por Oliveira e Suertegaray, em 2012.

A articulação do substrato arenoso com as formações mais recentes e com a dinâmica hídrica remete a questões da Geologia estrutural. O trabalho de Andrades Filho, Guasselli e Suertegaray (2007) deu início a tal investigação, através do mapeamento e da superposição dos lineamentos estruturais dos solos de um setor do sudoeste do RS, que conta com a presença de areais. Tal pesquisa é apresentada, a seguir.

A Figura 13 apresenta a superposição dos planos de informação de lineamentos estruturais, de areais e de drenagens, em que se evidencia a correlação destas variáveis. O cruzamento dos areais com a orientação das vertentes indicou a predominância de areais, em vertentes voltadas para sudeste, seguidas da orientação sudoeste. Tal orientação se associa, em escala regional, à direção preferencial dos rios para sudoeste, entalhando vertentes com orientações SE e NW, conseqüentemente. Considerando a direção dominante dos rios secundários (NW-SE), estes estão associados aos lineamentos de menor extensão, cuja orientação corresponde, em grande parte, a NW-SE.



Fonte: Andrades Filho (2007).

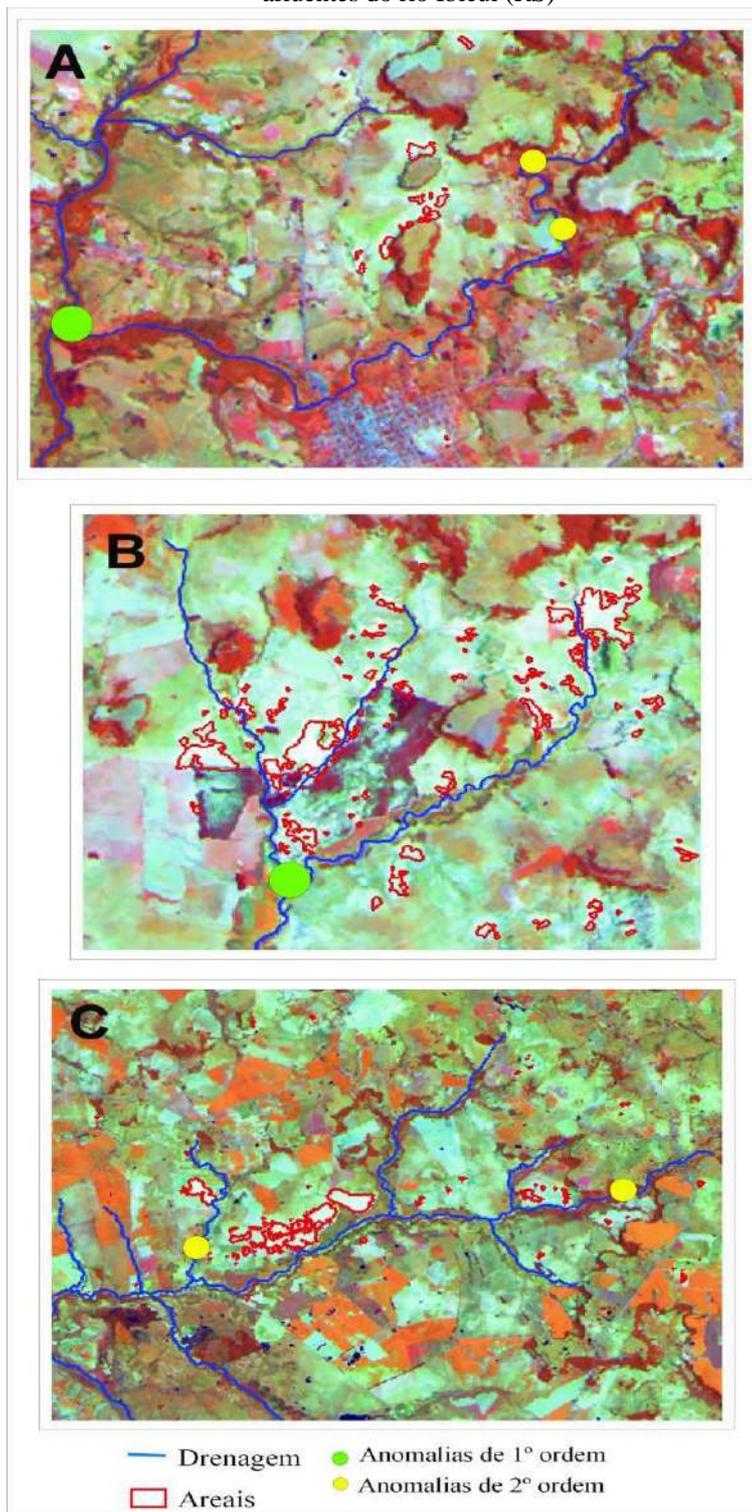
Ao relacionar as variáveis estudadas, observa-se que os areais estão associados, principalmente, a drenagens secundárias e, portanto, vinculam-se, de forma indireta, aos lineamentos de menor extensão, o que confirma a predominância da orientação SE-SW. Além disso, é possível observar uma regularidade na distribuição dos areais no mapa de sobreposição dos areais com os lineamentos.

Portanto, há a possibilidade de que os lineamentos estruturais estejam contribuindo para a formação de areais, na medida em que os areais têm sua origem associada à formação de degraus de abatimento e a fluxos concentrados, em canais (ravinas e voçorocas) (UAGODA, 2004).

Estas ravinas e voçorocas, geralmente, têm sua origem em cabeceiras fluviais e em rios de primeira ordem, o que pode ser corroborado nas observações dos trabalhos de campo, em que se supôs que os canais, dos quais se originaram, estiveram, por determinado período, recobertos por um pacote arenoso não consolidado, tendo sido reativados, mais recentemente, por meio de processo, que, ao aprofundar os canais fluviais, transportam materiais para a jusante com a formação dos areais.

Na continuidade dos estudos, Andrades Filho *et al.* (2007; 2008; 2012) dá prosseguimento à compreensão estrutural, através de uma análise de anomalias e de possíveis relações com a neotectônica, buscando o entendimento da questão, através do mapeamento destas anomalias.

Figura 14 - Setores das bacias hidrográficas, com ocorrência de areais e com pontos de anomalia, nas bacias dos afluentes do rio Ibicuí (RS)



Fonte: elaborado por Andrades Filho, com auxílio de PIBIC-UFRGS (CNPq) (2007).

A partir da análise desse mapeamento, Andrades Filho *et al.* (2012) produziram a seguinte interpretação:

O setor representado com a letra A localiza-se na bacia do Inhacundá, o setor B na parte norte do Miracatu e o setor C na Bacia do Caraguataí, apresentam uma significativa área de arenização ... Portanto,

compartilhando da ideia de Trainini (2005), há possibilidade de que soerguimentos por falha, a exposição do arenito e a consequente busca do nível de base de erosão existente antes do soerguimento, desencadeiam o processo de arenização, na medida em que os areais tem sua origem associada à formação de fluxos concentrados em canais (ravinas e voçorocas) (ANDRADES FILHO *et al.*, 2012, p. 261).

A partir de observações de campo e das interpretações de Verdum (1997), além das atuais ravinas e voçorocas, observa-se, no substrato arenítico pretérito, processos de voçorocamento, que, ao atingir o substrato, revelam a presença de canais fluviais, esculpidos diretamente nas rochas. Por vezes, observam-se, também, superfícies côncavas, ligadas a talwegues, que, localizados a montante dos atuais canais fluviais, constituem segmentos dos cursos fluviais originais, articulados com cabeceiras fluviais de escoamento temporário (na atualidade). Tais feições foram descritas como **valões**, por Verdum (1997).

Nesse sentido, o grupo de pesquisa se coloca diante de outra importante questão: qual é a relação entre tais valões e os depósitos superficiais, que recobrem os espaços, sujeitos à erosão? Evers e Guasselli (2010), a partir da sistematização de observações de campo, em articulação com análise de formas de imagens SRTM, indicam que esses valões correspondem a canais fluviais soterrados, aproximando-se do modelo de interpretação de Verdum.

Na explicação de Guasselli e Evers (2012, p. 240-241), tal processo pode ser sumarizado como:

[...] o processo de reativação de paleodrenagens sugerido partiria do entulhamento do leito de um rio... Esse entulhamento, porém, não chega a atingir um nível plano com relação ao seu entorno. Dessa forma, caracteriza-se a formação de uma paleodrenagem/valão e, por manter-se em uma cota altimétrica inferior do terreno e manter uma forma convergente, o escoamento superficial irá se concentrar no local onde a paleodrenagem/valão está instalada. A partir do aumento da carga hídrica, mesmo em episódios isolados, esse valão pode se romper gerando uma ravina. Nas áreas em questão, os ravinamentos estão associados a ocorrência de areais.

Oliveira e Suertegaray (2012) dão prosseguimento ao entendimento da questão, através da análise da coluna estratigráfica dos depósitos superficiais, que recobrem essas áreas. Assim, os depósitos de entulhamento das áreas das planícies aluviais, associados à paisagem dos areais, foram estudados mais detalhadamente, a partir do exame de duas colunas estratigráficas de sedimentos de cobertura e da interpretação dos ambientes característicos das diferentes camadas constituintes desses depósitos.

As colunas foram analisadas, tomando, como referência mais profunda, a presença de amostras de uma turfa, as quais foram datadas e revelaram dois tipos de depósitos, com diferentes idades, em suas bases.

A primeira amostra de turfa foi datada de 23.000 anos A.P. e a segunda amostra, na base de uma deposição, foi datada de 42.000 A.P. Sobre essas turfas, os depósitos registram uma sucessão de processos, ora hídricos, ora eólicos, indicando a alternância de ambientes úmidos e secos. Conforme Oliveira e Suertegaray (2012), em relação à descrição dos depósitos mais recentes, tem-se:

Após os 7.500 anos A.P. observa-se uma queda nas taxas do musgo de solo seco, bem como o aparecimento tímido das primeiras espécies de mata galeria como *Myrsine* e *Myrtaceae*, conforme estudos de Behling *et al.* 2005, para o município de São Francisco de Assis. Esta presença de mata galeria, ainda que tímida, poderá estar associada a uma maior umidificação devido ao aumento das temperaturas a nível global e transgressão marinha para o interior dos continentes, com datação de 5.100 anos A.P. Corrêa (1990). Neste período o nível do mar esteve cinco metros acima do atual, trazendo umidade e condições de pedogenização acelerada... Esta fase de umidificação levaria ao entalhamento fluvial e instala condições para o aparecimento das primeiras matas galerias, embora em tamanho reduzido e confinado às drenagens das áreas deprimidas, enquanto que provavelmente a área de pedimentação não deveria ter sofrido forte influência destas formações vegetais [...] (OLIVEIRA; SUERTEGARAY, 2012, p. 220-221).

O fim desse último período úmido, balizado pelo nível oscilante do mar, de acordo com dados fornecidos por Corrêa (1990) e relacionados por Bellanca e Suertegaray (2012), aponta para:

[...] 3.500 A.P. o mar regride a -6/-10 metros em relação ao nível atual, reforçando a hipótese de um resfriamento climático e consequente ressecamento, seguindo a lógica deste processo. Em São Francisco de Assis o trabalho de Behling *et al.* (2005) aponta um leve aumento da porcentagem de polens de *Eryngium*, e esporos de *Phaeocerosus Laevis* entre 3.500 anos A.P. até 2.000 anos A.P. sugerindo um ressecamento climático em relação à fase anterior mais úmida... Na coluna estratigráfica esse período é marcado pelo desaparecimento de restos de raízes e das pelotas de argila em T1C2, provavelmente causado pela não deposição de grãos finos, gerados pelo ataque químico de climas mais úmidos. Em T2C2 vemos a permanência de areias amareladas, produtos da exposição ao ar e consequente oxidação de compostos de ferro na superfície dos grãos ou dispersos no ambiente, além da provável colmatagem de canais efêmeros entalhados durante fase úmida. Suertegaray em sua tese atribui a esse tempo geológico depósitos eólicos, caracterizados pela autora como unidade B-Areal, correspondendo a uma fase recente do Holoceno com condições mais secas que as atuais (OLIVEIRA; SUERTEGARAY, 2012, p. 220-221).

De outra parte, o diálogo com outros campos do conhecimento, a partir de estudos feitos em articulação com a Biologia e com a Biogeografia, são reveladores, para a compreensão da gênese dos areais.

Pires da Silva (2008), em seu trabalho de mestrado, a partir de pesquisa com a fauna e com a flora dos areais e de seus entornos, conclui:

Ao buscar o entendimento do conjunto de organismo que se vale das manchas de areias, como parte do seu nicho ecológico, não consigo me desvencilhar da ideia dessa porção, unidade da paisagem do Bioma Pampa, como uma Janela temporal. Ao olhar atentamente ao ortóptero (gafanhoto dos areais) [Figura 15], e buscar uma justificativa para uma camuflagem com tamanha afinidade com o substrato arenítico, fica impossível relacionar essa façanha à evolução dessa espécie em congruência com o ambiente que vive em um espaço temporal recente. Esses, entre outras manifestações de vida encontradas nos areais, nos aproximam de uma janela do tempo que pode reproduzir parte das condições ambientais dominantes nessa região há milhares de anos antes do presente. Evidências no substrato da paisagem dos areais e os organismos vivos que a compõe, testemunham condições ambientais, singulares não sustentadas pelos dados climáticos atuais. Com o termo **ecossistema testemunho** procuro explicar a janela temporal aberta pela paisagem dos areais, que nos fornece vestígios de adaptações estruturais e fisiológicas da vida diante das restrições ambientais impostas em tempos pretéritos, mantendo o acoplamento biótopo ↔ biocenose e testemunhado pelo ecossistema dos areais. (PIRES DA SILVA, 2008, p. 89, inserção da autora).

No âmbito da Biogeografia e dos estudos microclimáticos, Da Silva (2009), ao analisar um transecto, com presença de areais, evidencia condições microclimáticas, para a reprodução da vida de outros ambientes. O autor reafirma a compreensão, através da presença de cactáceas, em segmentos da vertente, à retaguarda de areais, das condições pretéritas dessa paisagem, observando, em consonância com Pires da Silva (2008) e em sua continuidade, que os areais podem ser compreendidos, como redutos e/ou refúgios, o que corrobora Ab'Saber (2008):

Em que pese a expansão das espécies de clima úmido, estas se apresentam acopladas às espécies de ambiente árido que, em alguns casos, mantém-se em nichos, constituindo mini refúgios. Estes são favorecidos pelos tipos de substratos: arenoso, relativamente seco e quente, devido à infiltração e à perda de energia para a atmosfera; e o rochoso, relativamente seco e quente, devido à dificuldade de retenção da água que, neste caso, facilmente escoar e à perda de energia para a atmosfera. Estes se expressam no contexto das paisagens atuais através de uma morfologia e fisiologia que lhes permitem existir como testemunhos em áreas com microclima favorável. Essas unidades de paisagens [...] correspondem ao que metaforicamente denominou de **palimpsestos ecológicos**, ou seja, “sucessão de fatos ocorridos em alguns espaços ecológicos, onde a interferência dos paleoclimas redundou em derruição das paisagens de antigas

condições geoecológicas, acompanhadas de instalações bióticas mais recentes (AB'SABER, 2008, p. 98 *apud* DA SILVA, 2009, p. 128).

Figura 15 - Imagem do Gafanhoto dos areais, bioindicador pretérito dessas feições



Fonte: acervo pessoal de Luis Alberto Pires da Silva (2008).

Com base nestas considerações, pode-se dizer que a análise constituída por diferentes autores, em diálogo, junto ao grupo de pesquisa, permitiu a revelação de um conjunto de indicadores de ordem geológica (data e características de depósitos sedimentares); de ordem geomorfológica (formas e processos do passado e do presente); de ordem biológica (características e formas de acoplamento de fauna e de flora) e de ordem climática e bioclimática (microclimas, em diferentes fragmentos da paisagem dos areais), que permitem inferir ambientes do passado, que possuíam condições mais secas do que as atuais.

Os últimos estudos de Oliveira e Suertegaray reconstituem a paisagem da região de São Francisco de Assis (RS) na transição do Pleistoceno e do Holoceno, tomando, como referências, datações de  $C_{14}$ , análises de processos de deposição, resultantes de investigações estratigráficas, e as pesquisas de ciências afins, como a análise polínica da área dos areais:

Sob recentes condições climáticas úmidas a paisagem se modifica, convexizando vertentes e suavizando rupturas de declive, gerando o que Ab'Saber (2003) denominou de domínio de coxilhas subtropicais com pradarias mista. Com o estabelecimento deste clima um regime de chuvas distribuídas de forma e intensidade variável se instala, e temos a incisão fluvial muito bem marcada, reativando drenagens colmatadas durante as fases secas do Quaternário e produzindo um rebaixamento linear dos depósitos superficiais através de ravinas e voçorocas nos compartimentos pedimentados ou embutidos. Graças a esse processo de entalhe hídrico pudemos coletar espessuras de cinco metros de sedimentos às margens das “sangas” (arroyos) que atualmente cortam nossas antigas “bajadas”, ao invés de estar elevando o nível de base local como de costume em climas áridos ou Semiáridos. Nas rupturas de declive das escarpas dos morros testemunhos se reproduz a formação de leques aluviais como outrora nos climas secos, mas não observamos o aplainamento areolar do terreno para as regiões áridas e semiáridas já tão bem estudadas. O que percebemos hoje é a formação de areais através dos processos que retrabalham e exumam antigos pedimentos pouco ou nada consolidados, depositando a jusante das atuais ravinas e voçorocas (talvez os nossos antigos wadis colmatados) depósitos arenosos em forma de leque. Vemos hoje uma paisagem em mudança, onde as condições morfogenéticas atuais não conseguem mascarar formas pretéritas de um ambiente mais seco, sendo inclusive os processos atuais de arenização um reflexo de uma superfície frágil a esta recente umidificação da história planetária em constante mudança, hoje em coexistência com as diferentes formas de uso da terra, em um Pampa sob pressão antropogênica (OLIVEIRA; SUERTEGARAY, 2012, p. 222-223).

Os areais são fruto, portanto, de um tempo longo de formação, e compõem a paisagem pampiana, como um reduto, como um testemunho do passado. Sob esta perspectiva, tem-se uma paisagem extremamente frágil e reveladora do passado, no presente, confirmando Santos (1982), que afirmava que espaço/paisagem é acumulação desigual de tempo.

O novo olhar, que se revela nesta interpretação, muda a concepção atribuída a parte dos areais, que deixam de ser vistos como áreas degradadas e passam a ser considerados relictos, isto é, patrimônios naturais, portanto, e, como tais, passíveis de preservação, com proposição contemplada, inclusive, no Zoneamento Ambiental do RS (FEPAM, 2007).

Contudo, tais áreas não são homogêneas, pois trabalhos, como o de Verdum (1997), revelam que também há expansão de areais, decorrente de degradação de áreas sensíveis, sob diferentes modalidades de uso do solo.

## EM SÍNTESE: PRINCIPAIS CONDICIONANTES À OCORRÊNCIA DA ARENIZAÇÃO

A partir da interpretação da morfogênese dos areais, com base no conhecimento obtido, até o momento, têm-se, como principais condicionantes à ocorrência da arenização, os seguintes fatores:

- i. Bioma de ocorrência: os areais do Rio grande do Sul ocorrem no Bioma Pampa, substrato composto, em parte, por solos rasos. No caso específico dos areais, sua ocorrência se dá em substrato arenoso, recoberto por vegetação de campo entremeado e, em áreas mais úmidas, vales de rios e encostas de morros, com vegetação de mata. A vegetação de campo é caracterizada como vegetação relicto, ou seja, é típica de ambientes mais secos. Atualmente, sua persistência se deve às adaptações feitas e aos solos característicos da região, que favorecem sua manutenção;
- ii. Característica dos solos: os solos, onde ocorrem os areais ou o processo de arenização, conforme indicamos, são solos novos, de formação muito recente, rasos ou profundos, e frágeis, com baixo teor de nutrientes e de matéria orgânica – inferior a 15%. Igualmente, são solos arenosos e “altamente suscetíveis à erosão hídrica e eólica”. A erosão, que se observa nesses solos, é a erosão em sulcos, que dá origem a ravinas e a voçorocas, enquanto a erosão eólica só ocorre, quando esse solo não está coberto. A perda de nutrientes e a mobilização desses solos, por sua vez, dificultam a continuidade da pedogênese e a fixação da vegetação, resultando em areais (depósitos arenosos antigos, retrabalhados por processos do presente, com ausência de cobertura vegetal). Tais solos são classificados como Neossolos Quartzarênicos Órticos (NQo) e foram estudados, em maior detalhe, por Scopel *et al.* (2012). Observa-se que, além dos estudos sobre areais no Rio Grande do Sul, outras formações de areais, também associadas a solos NQo, vêm sendo estudadas, mais recentemente, em outros estados brasileiros, como Goiás, Mato Grosso do Sul, São Paulo, Minas Gerais, entre outros;
- iii. Dinâmica hídrica: nessas áreas, o processo de arenização se associa à presença da água e, não, à escassez, como em áreas desertificadas. A dinâmica da água nesses solos, em particular, no que se refere à erosão, decorre de processos superficiais concentrados, que originam sulcos, ravinas e voçorocas. O escoamento laminar não é característico dessas áreas, devido a duas características fundamentais: a elevada capacidade de infiltração, pois experimentos feitos nessas paisagens, particularmente, no areal da cidade de São Francisco de Assis (RS), por Cabral e Maciel Filho (1991), demonstraram que, de 100% da chuva precipitada, em um dia, 97% infiltra no subsolo arenoso; e a presença de áreas com cobertura de campo, pois, quando os fatores de

- formação de sulcos não estão presentes, os solos são preservados desse tipo de processo erosivo;
- iv. Regime de chuvas: a dinâmica hidroclimatológica foi estudada por Verdum (1997). Em sua tese, as chuvas irregulares e, por vezes, torrenciais, na região, são os processos fundantes da dinâmica das voçorocas. Mais recentemente, Rossato (2011), ao regionalizar o Rio Grande do Sul, do ponto de vista do clima, traz informações sobre as dinâmicas regionais, que afetam as áreas, em processo de arenização, indicando a torrencialidade e a concentração das chuvas, em dias por mês, como possibilidades de intensificação desse processo;
  - v. O condicionante estrutural, associado ao escoamento subsuperficial: pesquisas desenvolvidas por Uagoda (2004) e por Andrades Filho (2007) indicam que os processos de ravinamento e de voçorocamento estão vinculados à estrutura de base, ou seja, ao substrato rochoso. Nesse substrato, a presença de lineamentos condiciona os fluxos hídricos, reativando antigos canais de drenagem (EVERS, 2010), favorecendo a formação de ravinas e de voçorocas e promovendo o retrabalhamento dos depósitos, que preenchem esses canais, conforme demonstraram Oliveira e Suertegaray (2012);
  - vi. Manejo inadequado do solo: considerando que os solos, em que ocorrem os areais, são frágeis e altamente susceptíveis à erosão, o manejo agrícola, particularmente, através do uso de maquinário pesado, promove a formação de sulcos, que podem evoluir para ravinas e para voçorocas. A atividade pastoril intensiva, com grande número de cabeças, por hectare, também é indicada, como causadora de erosão (VERDUM, 1997). Neste caso, a erosão se vincula à formação de sulcos, pelo pisoteio de gado, através de trilhas.

A compreensão que se tem, pelo conjunto de dados levantados, é a de que os areais e o processo de arenização, presentes na paisagem atual do Pampa do RS, resultam de processos complexos de evolução da paisagem, os quais estão localizados, em sua origem, conforme indicado, em Suertegaray (1987), em paisagens frágeis e de constituição recente, sob condições de climas mais úmidos.

No município de Quaraí, no sudoeste do Rio Grande do Sul, o processo de arenização foi descrito, por Suertegaray (1987), como de origem natural, podendo ser intensificado, pelas atividades pastoril e/ou agrícola, conforma aprofundado, em Verdum (1997), para a região de São Francisco de Assis (RS). Portanto, dependendo da área de estudo, esse processo tem diferentes origens, podendo ser desencadeado, tanto por agentes naturais quanto por atividades humanas.

Os processos, que envolvem a compreensão do que se denominou arenização, exigiram, ao longo do tempo, uma construção coletiva e interdisciplinar e, ainda assim, a pesquisa continua, uma vez que produzir conhecimento é um procedimento, no qual a constituição de interpretações resulta em novos questionamentos, em seu próprio constructo, motivo pelo qual todo o conhecimento é contextualizado e passageiro.

## REFERÊNCIAS

AB'SABER, A. N. Palimpsestos Ecológicos. **Scientific American Brasil**, São Paulo, ano 6, n. 68, 2008.

ANDRADES FILHO, C. O. **Arenização e tectônica**: contribuição estrutural ao estudo da Gênese dos areais no sudoeste do Rio Grande do Sul. 2008. 68 f. Trabalho de Conclusão

de Curso (Graduação em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

ANDRADES FILHO, C. O.; GUASSELLI, L. A.; SUERTEGARAY, D. M. A. Investigação sobre a relação entre lineamentos estruturais e a ocorrência de areais no sudoeste do Rio Grande do Sul. *In*: XII Simpósio Brasileiro de Geografia Física aplicada, Natal. **Anais [...]**. Natal: UFRN, 2007. v. 1, p. 243-257.

ANDRADE FILHO, C. O.; GUASSELLI, L. A.; SUERTEGARAY, D. M. A. Identificação de possíveis deformações tectônicas a partir de dados SRTM e sua relação com a gênese dos areais – sudoeste do Rio Grande do Sul. *In*: SUERTEGARAY, D. M. A.; DA SILVA, L. A. P.; GUASSELLI, L. A. **Arenização natureza socializada**. Porto Alegre: ComPasso Lugar Cultura; Imprensa Livre, 2012. p. 245-264.

AVÉ-LALLEMANT, R. **Viagem pela Província do Rio Grande do Sul (1858)**. Tradução: Teodoro Cabral. Belo Horizonte: Itatiaia; São Paulo: Editora da USP, 1980.

BELLANCA, E. T. **Uma contribuição para a explicação da gênese dos areais do Sudoeste do Rio Grande do Sul**. 2001. 87 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

BELLANCA, E. T.; SUERTEGARAY, D. M. A. Sítios arqueológicos e areais no sudoeste do Rio Grande do Sul. **Mercator**, Fortaleza, v. 2, n. 4, nov. 2008. ISSN 1984-2201.

BERMUDES, F. L. Desertificación: magnitud del problema y estado actual de las investigaciones. **Perspectivas em Geomorfologia**, Zaragoza: M. Gutierrez y J. L. Peña, 1986.

EL-KASSAS, M. O avanço dos desertos e a cumplicidade do homem. **O Correio da UNESCO**, Rio de Janeiro, v. 5, n. 9, p. 4-6, 1977.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. [S.l.]: SPI/EMBRAPA, 2006.

EVERS, H. **Relação entre paleodrenagens/valões e a ocorrência de areais no sudoeste do RS**. 2010. 71 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) – Departamento de Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

FUJIMOTO, N. S. V. M.; GONÇALVES, F. S.; ZANCANARO, C. Caracterização das formas de relevo em degraus de abatimento nos municípios de São Francisco de Assis e Manoel Viana, Região Sudoeste do Rio Grande do Sul, RS. **Revista de Geomorfologia**, Uberlândia, v. 11, n. 2, 2010.

FUJIMOTO, N. S. V.; GONÇALVES, F. S.; ZANCANARO, C. As formas de relevo em degraus de abatimento em áreas em processo de arenização na região sudoeste do Rio Grande do Sul. *In*: SUERTEGARAY, D. M. A.; DA SILVA, L. A. P.; GUASSELLI, L.

A. **Arenização natureza socializada**. Porto Alegre: ComPasso Lugar Cultura; Imprensa Livre, 2012. p. 265-280.

GUASSELLI, L. A.; EVERS, H. Relação entre Paleodrenagens/valões e a ocorrência de areais no sudoeste do RS. *In*: SUERTEGARAY, D. M. A.; DA SILVA, L. A. P.; GUASSELLI, L. A. **Arenização natureza socializada**. Porto Alegre: ComPasso Lugar Cultura; Imprensa Livre, 2012. p. 227-244.

HARE, F. K. A contribuição do clima. **O Correio da UNESCO**, Rio de Janeiro, v. 5, n. 9, p. 7-13, 1977.

OLIVEIRA, M. G.; SUERTEGARAY, D. M. A. Paleogeografia da área de ocorrência de areais. *In*: SUERTEGARAY, D. M. A.; DA SILVA, L. A. P.; GUASSELLI, L. A. **Arenização natureza socializada**. Porto Alegre: ComPasso Lugar Cultura; Imprensa Livre, 2012. p. 201-226.

PIRES DA SILVA, L. A. **Paisagens dos Arais Gaúchos. Conectividades e vivências, caminhando em busca de uma hermenêutica Instauradora a Educação Ambiental**. 2008. 155 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, 2008.

ROSSATO, M. S. **Os climas do Rio Grande do Sul: variabilidade, tendências e tipologias**. 2011. 240 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, 2011.

SCOPEL, I.; SUERTEGARAY, D. M. A.; SOUZA, M. S.; PEIXINHO, D. M.; FERREIRA, D. M. Neossolos Quartzarênicos Órticos das áreas de areais no sudoeste do Rio Grande do Sul: características físicas e morfológicas. *In*: SUERTEGARAY, D. M. A.; DA SILVA, L. A. P.; GUASSELLI, L. A. **Arenização natureza socializada**. Porto Alegre: ComPasso Lugar Cultura; Imprensa Livre, 2012. p. 503-542.

SILVA, D. L. M. **Microclima e bioindicadores paleoclimáticos em paisagens com ocorrência de areais em São Francisco de Assis, RS, Brasil**. 2009. 152 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

SOUTO, J. J. P. **Deserto, uma ameaça? Estudos dos núcleos de desertificação na fronteira sudoeste do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura - Diretoria Geral, 1985.

SUERTEGARAY, D. M. A. Arenização: Análise morfogenética. *In*: SUERTEGARAY, D. M. A.; DA SILVA, L. A. P.; GUASSELLI, L. A. **Arenização natureza socializada**. Porto Alegre: ComPasso Lugar Cultura; Imprensa Livre, 2012. p. 127-172.

SUERTEGARAY, D. M. A. **A trajetória da natureza: um estudo geomorfológico sobre os areais de Quaraí - RS**. 1987. 243 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987.

SUERTEGARAY, D. M. A. **Deserto Grande do Sul**: controvérsia. 2 ed. Porto Alegre: UFRGS, 1998.

SUERTEGARAY, D. M. A.; GUASSELLI, L. A. Land use and expansion/retraction of desertified areas in the Southwest of Rio Grande do Sul, Brazil. **International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing - INPE**, São Paulo, v. 30, p. 159-163, 1994.

SUERTEGARAY, D. M. A.; GUASSELLI, L. A.; ANDRADES FILHO, C. O. Influencia morfoestructural en la génesis de los procesos de arenización en Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista de Geografia Norte Grande**, v. 39, p. 59-72, 2008.

SUERTEGARAY, D. M. A.; GUASSELLI, L. A.; VERDUM, R. (org.) **Atlas da Arenização, Sudoeste do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Coordenação e Planejamento e Secretaria de Ciência e Tecnologia do Governo do Estado do Rio Grande do Sul, 2001. 85 p.

SUERTEGARAY, D. M. A.; MORELLI, L. A. Conflitos da Silvicultura em áreas em processo de arenização, Sudoeste do Rio Grande do Sul. *In*: MOREIRA, E.; TARGINO, I. (org.). **Desertificação, desenvolvimento sustentável e agricultura familiar**: recortes no Brasil, em Portugal e na África. Joao Pessoa: Editora da Universidade da Paraíba; Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2010. 344 p.

SUERTEGARAY, D. M. A.; MORELLI, L. A. Arenização e monocultura do eucalipto no Sudoeste (SW) do Rio Grande do Sul. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros** [on-line], Três Lagoas, v. 14, 2011.

SUERTEGARAY, D. M. A.; PIRES DA SILVA, L. A. Tchê Pampa: histórias da natureza gaúcha. *In*: DE PATTA PILLAR, V. (ed.). **Campos Sulinos - conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Brasília: MMA, 2009. 403 p.

SUERTEGARAY, D. M. A.; VERDUM, R. Desertification in the tropics. *In*: UNESCO (org.). **Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)**. Paris: UNESCO Publishing, 2008. v. 1, p. 1-17.

SUERTEGARAY, D. M. A.; VERDUM, R.; BELLANCA, E. T.; UAGODA, R. E. S. Sobre a gênese da arenização no sudoeste do Rio Grande do Sul. **Terra Livre**, Goiânia, v. 1, n. 24, 2005.

UAGODA, R. E. S.; SUERTEGARAY, D. M. A.; NUNES, J. O. R. Investigação sobre a origem de formas denudacionais em cabeceiras de drenagem. *In*: X Simpósio brasileiro de geografia Física Aplicada, Rio de Janeiro. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: UERJ, 2003. v. 1. p. 1-10.

UAGODA, R. E. S. **Degraus de abatimento**: estudo comparativo em cabeceiras de drenagem: bacia hidrográfica do Arroio Puitã e bacia hidrográfica das nascentes do Rio das Antas/RS. 2004. 93 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) – Departamento de Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

VASCONCELOS SOBRINHO, J. **Identificação de Processo de Desertificação no Nordeste Brasileiro.** / Departamento de Desenvolvimento Local e Divisão de Saneamento Geral. Recife: SEMA/SUDENE, 1978.

VERDUM, R. **Approche géographique des déserts dans les communes de São Francisco de Assis et Manuel Viana – État do Rio Grande do Sul – Brésil.** 1997. 211 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Université de Toulouse II Le Mirail, Toulouse, 1997.