

Influência pedológica e topográfica na distribuição de espécies arbóreas em diferentes estágios de regeneração

Michelle Dullius¹, Ricardo Simão Diniz Dalmolin¹, Fabrício de Araújo Pedron¹, Solon Jonas Longhi¹, Taciara Zborowski Horst¹, Jean Michel Moura-Bueno¹

¹ Universidade Federal de Santa Maria, Campus Camobi, Centro de Ciências Rurais, Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: dulliusmichelle@gmail.com (ORCID: 0000-0002-7072-8895); dalmolin@ufsm.br (ORCID: 0000-0002-8834-9869); fapedron@ufsm.br (ORCID: 0000-0002-5756-0688); solon.longhi@ufsm.br (ORCID: 0000-0002-5701-2139); tacihorst@gmail.com (ORCID: 0000-0002-1135-028X); bueno.jean1@gmail.com (ORCID: 0000-0002-7240-3728)

RESUMO: Os objetivos deste trabalho foram analisar as variáveis pedológicas e topográficas de dois fragmentos florestais em diferentes estágios de regeneração e verificar a relação destas com a estrutura fisionômica e comunitária da vegetação. O estudo foi desenvolvido no Rebordo do Planalto do Rio Grande do Sul (RS). Foram estabelecidas, pelo método de amostragem sistemática, 23 parcelas de 10 x 20 m (0,46 ha) em um fragmento de floresta secundária (FS) e 9 parcelas (0,18 ha) em um fragmento de capoeira (CA), totalizando 0,64 ha. Foi utilizado o levantamento da vegetação e mensuradas variáveis pedológicas e topográficas. As variáveis foram selecionadas por Análise de Componentes Principais (ACP), separadas em grupos por análise de agrupamento (AA) e comparados em relação às variáveis fitossociológicas através da análise de correspondência canônica (ACC). A maior riqueza de espécies foi identificada nos solos com maior qualidade nutritiva, em que as variáveis com maior influência na distribuição das espécies foram: profundidade, areia, pH e índice de vermelho (IV). Ao contrário, na CA, a maior riqueza de espécies foi associada aos solos mais ácidos e pobres em nutrientes em que as variáveis silte, altitude e IV apresentaram maior influência na distribuição das espécies. Estes resultados destacam a importância das espécies pioneiras nesse estágio de regeneração florestal.

Palavras-chave: análise multivariada; Floresta Estacional Subtropical; relação solo-planta; solos florestais

Pedological and topographical influence on the distribution of tree species in different stages of regeneration

ABSTRACT: The aims of this study were to analyze the pedological and topographic variables of two forest fragments in different stages of regeneration and verify the relationship with the physiognomic and community structure of the vegetation. The study was developed in the Edge of the Plateau of Rio Grande do Sul state (RS), Brazil. Ten plots of 10 x 20 m (0.46 ha) were established in a secondary forest fragment (FS) and 9 plots (0.18 ha) in the capoeira fragment (CA), using a systematic sampling method. It was used vegetation survey and measured pedological and topographic variables. The variables were selected by Principal Component Analysis (ACP), separated into groups by cluster analysis (AA) and compared to phytosociological variables through canonical correspondence analysis (ACC). The greatest species richness was identified in soils with higher nutritional quality, where the variables with the greatest influence on the distribution of the species were: depth, sand, pH and red (IV) index. On the contrary, in CA, the greatest species richness was associated to the more acidic and nutrient poor soils in which the silt, altitude and IV variables showed greater influence on the species distribution. These results highlight the importance of pioneer species in this stage of forest regeneration.

Key words: multivariate analysis; subtropical seasonal forest; soil-plant relation; forest soils

Introdução

Na região do Rebordo do Planalto está inserida a maior área de floresta nativa e o mais expressivo corredor ecológico da Floresta Estacional Subtropical (FES) do Estado do Rio Grande do Sul, composta por florestas secundárias com áreas de diferentes tamanhos, estágios de regeneração e graus de perturbação. Conforme Schumacher et al. (2011), esta região além de ser apontada como uma das fitofisionomias mais ameaçadas, principalmente pela agricultura, é conhecida pela grande diversidade florística, atribuída às condições climáticas, aos solos e ao regime hídrico.

Esta área, que corresponde à transição entre a Depressão Central e o Planalto do RS, passou por significativa mudança em relação ao uso da terra nas últimas décadas, em que, segundo Samuel-Rosa et al. (2011), a agricultura substituiu parte dos ambientes, resultando na fragmentação da floresta nativa. Em regiões como estas, onde predomina relevo forte ondulado a montanhoso, os danos ocasionados pela redução dos maciços florestais são potencializados, em face da alta fragilidade dos solos e vegetação que estes ambientes podem apresentar e do potencial destes fragmentos para manutenção de serviços ambientais (Pedron et al., 2009; Rovedder et al., 2014).

As condições pedológicas, incluindo propriedades químicas, físicas, biológicas do solo e também topográficas exercem influência sobre espécies florestais, podendo resultar no predomínio de uma tipologia florestal em determinada condição. Essa relação permite a detecção de padrões fitossociológicos de florestas naturais com base nos gradientes ambientais formados por tais variações (Dick & Schumacher, 2015). Pesquisas sobre a estrutura de florestas nativas do Rebordo do Planalto do RS elencaram variáveis de solo e do terreno como as principais diferenciadoras de ambientes. Para Rovedder et al. (2014) as variáveis pH, teor de cálcio, capacidade de trocas de cátions (T), acidez potencial (H+Al), saturação por alumínio (Al%) e V% foram as principais diferenciadoras de ambientes. Em uma topossequência de solos Scipioni et al. (2012) encontraram diferenças entre três grupos florísticos relacionados com a declividade do terreno, tipos de solos e suas características. Além disso, Kilca et al. (2015) concluíram que atributos químicos do solo estão relacionados com as alterações do uso da terra e com tempo da sucessão florestal.

Essas relações também são observadas em outras formações florestais. Em remanescente da Floresta Ombrófila Mista (FOM), Higuchi et al. (2016) encontraram diferenças na abundância de espécies correlacionadas com as variáveis altitude, pH, teor de fósforo e saturação por bases (V%) no Estado de Santa Catarina. No Paraná, nessa mesma tipologia florestal, Rodrigues et al. (2016) elencaram pH, Ca e Al como atributos do solo mais influentes sobre a distribuição de espécies. Na região do Cerrado brasileiro as variáveis areia fina, argila, alumínio (Al) e matéria orgânica (MO) foram os principais fatores de diferenciação das formações florestais,

savânicas e campestres conforme indicado por Silva et al. (2015).

Apesar da importância ambiental, os trabalhos que investigam essas interações ainda são insuficientes, sobretudo, por não considerarem os estágios de sucessão florestal. A falta dessas informações dificulta a tomada de decisões em trabalhos de planejamento, conservação e manejo de florestas e/ou recuperação das áreas degradadas. Face ao processo intenso de perturbações e consequente fragmentação de florestas sofrida nas últimas décadas na Rebordo do Planalto, surge a necessidade de estudar as influências que o gradiente ambiental oferece na distribuição das espécies em estágios iniciais e intermediários de desenvolvimento, como subsídio para recuperação e conservação destas áreas.

Considerando a hipótese que os padrões pedológicos e topográficos que condicionam o desenvolvimento da floresta em estágio de regeneração inicial são diferentes dos padrões encontrados em floresta secundária, o presente trabalho teve como objetivos: i) analisar as variáveis pedológicas e topográficas de dois fragmentos florestais em diferentes estágios de regeneração e ii) verificar as relações destas com a estrutura fisionômica e comunitária da vegetação.

Material e Métodos

O estudo foi desenvolvido em um remanescente florestal no Rebordo do Planalto, situado na região central do RS, no município de Itaara, coordenadas centrais de 29°30'S e 53°46'W. A área apresenta relevo ondulado a montanhoso, com altitudes entre 300 e 500 m. O clima conforme o sistema de classificação de Köppen é subtropical, pertencente à variedade "Cfa", sem estação seca, com precipitação média anual variando entre 1.500 e 1.750 mm (Alvares et al., 2013). A vegetação está inserida na fitofisionomia denominada Floresta Estacional Subtropical (Schumacher et al., 2011), e apesar da intensa substituição da vegetação nativa para o cultivo agropecuário, as mudanças no uso da terra resultaram na regeneração da vegetação natural e atual predomínio de floresta na região (Miguel et al., 2011).

Foram avaliados dois fragmentos florestais adjacentes que foram convertidos em campo durante alguns anos e, atualmente, encontram-se em diferentes estágios de sucessão florestal conforme o tempo de abandono das áreas, sem registro de perturbações. O primeiro fragmento caracteriza uma capoeira, em estágio inicial de regeneração, com idade estimada em 5 anos. O segundo, uma floresta secundária, em estágio mais avançado de regeneração, com idade estimada superior a 25 anos. Para a caracterização fitossociológica, foram demarcadas, pelo método de amostragem sistemática, parcelas de dimensões de 20 x 10 m (200 m²), distanciadas em 10 metros entre si, ao longo de transectos. Os transectos foram orientados sistematicamente no sentido de maior declividade do terreno (sudeste-nordeste) percorrendo a parte superior da encosta, em intervalos de 40 metros entre si. Foram estabelecidas 23

parcelas (0,46 ha) em quatro transectos no fragmento da floresta secundária e 9 parcelas (0,18 ha) em dois transectos no fragmento da capoeira. Os dados de inventário florístico utilizados para este trabalho estão descritos em Dullius et al. (2016).

Em cada parcela os solos foram descritos e amostrados em trincheiras, e classificados até o nível de subordem conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Santos et al., 2013). Foram obtidos os valores de profundidade do solum (horizontes A+B), espessura da serapilheira, textura e cor dos horizontes do perfil do solo. Em cada parcela foram coletadas três amostras de solo, no sentido diagonal da parcela, na profundidade de 0,0 a 0,10 m. Nessas amostras foram realizadas as análises químicas: pH, Al, H+Al, Ca, Mg, K, conforme Donagema et al. (2011) e foram calculadas a soma de bases (S), capacidade de troca de cátions a pH 7,0 (T), saturação por bases (V%) e capacidade de troca de cátions efetiva (S+Al). A granulometria (areia, silte e argila) foi determinada pelo método da pipeta (Donagema et al., 2011). O teor de carbono orgânico do solo foi determinado via combustão úmida com aquecimento externo (Yeomans & Bremner, 1988) sendo os valores expressos em matéria orgânica (MO). Além destas informações foi determinado o índice de vermelho (IV) do solo (Torrent et al., 1980).

Para obter as variáveis topográficas altitude e declividade foi gerado o modelo digital do terreno (MDT) com resolução de 5 m (pixel de 25 m²), utilizando-se as curvas de nível na escala 1:50.000 das cartas topográficas do Serviço Geográfico Brasileiro (SGB). No programa SAGA-GIS as curvas de nível foram interpoladas pela técnica Thin Plate Spline (TIN) e, através das informações de altitude, foi calculada a declividade das unidades amostrais. Com essa resolução do MDT, cada parcela foi representada por 8 pixels.

A partir da análise de componentes principais (ACP) foram selecionadas as variáveis que mais explicaram a variância do solo da paisagem. Foi realizada uma análise de agrupamento (AA) pelo método hierárquico aglomerativo, em que as parcelas similares em relação às variáveis pedológicas selecionadas pela ACP foram agrupadas para formar grupos pedológicos. O dendrograma foi obtido utilizando como medida de dissimilaridade a distância euclidiana e como método de ligação o método de Ward com a escolha do número final de grupos baseada na distância de ligação (Hair et al., 2009).

A verificação da relação entre a distribuição das espécies e o gradiente ambiental foi realizada pela análise direta de gradiente, através da análise de correspondência canônica (ACC) com permutações Monte Carlo (n=999) (Machado et al., 2008), utilizando-se o *software* CANOCO versão 4.5 (Ter Braak & Smilauer, 2002). Para esta análise foram elaboradas duas matrizes de dados. A primeira matriz constituída pelo número de indivíduos das espécies nas parcelas e a segunda matriz constituída por todas as variáveis pedológicas. Optou-se por excluir da matriz as espécies que apresentaram pequenos números de indivíduos (menos de 7), uma vez

que, em técnicas de ordenação, espécies raras interferem muito pouco nos resultados (Gauch, 1982; Ter Braak, 1986). Na literatura Felfili et al. (2007) recomenda excluir espécies com menos de cinco indivíduos, enquanto Oliveira Filho et al. (2004) em estudo de floresta em Minas Gerais, excluiu as espécies com menos de 10 indivíduos. Estes autores recomendam, também, excluir as espécies com número alto de indivíduos em todas as parcelas, pois além de não interferir nos resultados, podem causar desvios na análise.

Resultados e Discussão

Variáveis de solo e identificação de grupos pedológicos

Em ambos os fragmentos florestais foram identificadas quatro classes de solos, sendo elas: Neossolos Litólicos (RL), Neossolos Regolíticos (RR), Cambissolos Háplicos (CX) e Argissolos Vermelhos (PV) (Tabela 1). A primeira classe predominou em locais da paisagem com elevada declividade, sendo observada em 16 parcelas na floresta secundária e 6 na capoeira, totalizando 78,79% do número total de parcelas, enquanto os CX foram identificados em apenas uma parcela de cada fragmento. Os RR foram encontrados em associação com os RL em quatro parcelas, sendo uma delas na capoeira, apresentando alta variação das características morfológicas, sendo isso consequência da variabilidade geomorfológica da área (Pedron et al., 2011). O predomínio de RL e RR nessas áreas está associado a baixa taxa de infiltração de água no perfil, condicionada pelo relevo declivoso, refletindo na menor taxa de intemperismo do material de origem (Pedron & Dalmolin, 2011). Os PV foram identificados em cinco parcelas, das quais 3 na floresta secundária, em locais de declividade menor que 12 %. Essa distribuição das classes de solos observada na paisagem corrobora com as informações obtidas em levantamentos semidetalhados de solos realizados na região (Miguel et al., 2011; Poelking et al., 2015). Com base nestes levantamentos, as áreas de florestas são encontradas em maior abundância em locais de maior declividade, onde predominam solos rasos, enquanto que nas áreas com relevo ondulado a suave-ondulado, onde ocorrem solos moderadamente profundos e profundos, aparecem os sistemas agrosilvipastoris (Samuel-Rosa et al., 2011).

A ACP permitiu identificar as principais variáveis de solo responsáveis pela variação total das variáveis pedológicas. Na floresta secundária os componentes principais (CPs) 1 e 2 explicam 68,7% da variância dos dados de solo. As variáveis mais correlacionadas positivamente com a CP1 foram S, S+Al, Ca, V%, T, MO, pH, K e Mg. As variações IV, profundidade e Al% apresentaram as maiores correlações negativas (Tabela 2). Isso significa que os locais mais profundos e mais vermelhos são mais ácidos e mais pobres em MO e bases trocáveis. Em relação à CP2, as variáveis mais correlacionadas são o Al e H+Al (Tabela 2). As variáveis químicas do solo têm sido apontadas em pesquisas semelhantes como as principais condicionantes na formação de ambientes na floresta nativa. Em formação florestal semelhante, estudando

Tabela 1. Variáveis pedológicas e topográficas da Floresta Secundária e Capoeira.

Variáveis	Floresta secundária (n = 23)					Capoeira (n = 9)				
	PV	RL + RR	CX	RL	Média	PV	RL + RR	CX	RL	Média
n	3	3	1	16		1	1	1	6	
Declividade (°)	12	15	19	14	15	8	19	15	17	15
Al tude	423	429	415	427	424	420	424	420	430	423
Cascalho	4	67	10	72	38	4	23	17	37	20
Areia fina	15	19	26	18	20	17	17	15	18	17
Areia grossa	9	5	9	5	7	11	5	7	5	7
Areia Total (%)	25	25	35	23	27	28	22	21	23	24
Silte (%)	48	47	41	49	46	45	50	46	49	47
Argila (%)	27	29	24	28	27	27	28	33	27	29
pH	5,1	5,4	5,6	5,7	5,4	5,5	6,0	6,1	5,6	5,8
MO (%)	6,08	7,34	4,65	10,28	7,09	9,18	10,20	9,95	13,87	10,80
H + Al (cmolc/kg)	9,68	10,94	7,57	9,66	9,46	11,33	7,73	7,48	14,55	10,27
Al (cmolc/kg)	0,59	0,39	0,28	0,25	0,38	0,56	0,35	0,30	0,55	0,44
K (cmolc/L)	0,51	0,65	0,57	0,70	0,61	0,56	0,75	0,82	0,77	0,73
Ca (cmolc/kg)	4,10	5,62	3,61	9,00	5,58	6,61	8,83	9,17	9,23	8,46
Mg (cmolc/kg)	1,31	2,30	1,02	4,01	2,16	2,99	5,27	5,94	5,77	4,99
S	6	9	5	14	8	10	15	16	16	14
T	16	20	13	23	18	21	23	23	30	24
S + Al	7	9	5	14	9	11	15	16	16	15
V%	37	43	41	57	45	45	66	68	50	57
Al%	10	5	5	2	6	7	2	2	5	4
Profundidade	90	50	70	15	56	90	45	70	17	55
EM	2,1	1,7	1,5	2,5	1,9	1,9	2,0	1,3	1,5	1,7
IV	5,6	3,3	6,7	2,5	4,5	3,3	1,7	1,7	2,2	2,2

Em que: n = número de parcelas; MO = matéria orgânica; H+Al = hidrogênio mais alumínio ou acidez potencial; Al = alumínio; K = potássio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; S = soma de bases; T = capacidade de troca de cátions a pH 7,0; S+Al = capacidade de troca de cátions efetiva; V% = percentagem de saturação por bases; Al% = percentagem de saturação por alumínio; EM = espessura da manta e IV = índice de vermelho.

estágio sucessional intermediário, Rovedder et al. (2014) elencaram o pH seguido pelos atributos químicos Ca, T, Al% e V% como os mais importantes. Na Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Rodrigues et al. (2016), estudando a interação dos fatores pedológicos obtiveram resultado parecidos, também destacando o pH, Ca e Al como as variáveis ambientais avaliadas de maior importância.

Na ACP das variáveis pedológicas do fragmento capoeira (Tabela 2), as CPs 1 e 2 explicaram 71,55% da variação total dos dados. As variáveis que mais explicaram positivamente a variância na CP1 foram: Ca, S, S+Al, Mg, T, MO, V% e pH, e inversamente as variáveis Al% e Al.

Os atributos cascalho, areia e argila apresentaram baixa correlação em ambas as CP para os dois fragmentos (Tabela 2), diferindo do trabalho de Kilca et al. (2015) para a mesma região, onde as variáveis granulométricas do solo foram as que apresentaram maior correlação nas componentes 1 e 2. A dissimilaridade em relação aos resultados do presente estudo pode ser atribuída às imposições causadas pela geologia. Enquanto no estudo de Kilca et al. (2015) havia a influência de rochas sedimentares (formação Botucatu e Caturrita) e vulcânicas (formação Serra Geral) na gênese dos solos, na área do presente estudo os solos são derivados de rochas vulcânicas, sem variação sedimentar. Tal fato, proporciona uma menor variabilidade granulométrica ao longo da paisagem que, portanto, passam a ser componentes com pouca explicação da variância do solo ao longo da paisagem. Assim, a importância da granulometria na determinação de grupos fitossociológicos, pode não ser

Tabela 2. Correlação entre as componentes principais (CPs) e variáveis pedológicas da Floresta Secundária e Capoeira.

Variáveis de solo	Floresta secundária		Capoeira	
	CP 1	CP 2	CP 1	CP 2
Cascalho (g/kg)	0,24	0,43	-0,27	0,19
Areia (%)	-0,27	0,14	0,16	-0,20
Argila (%)	0,26	-0,12	-0,36	0,48
pH	0,85	0,38	0,71	0,67
MO (%)	0,86	-0,25	0,84	-0,52
H + Al (cmolc/kg)	0,19	-0,73	0,21	-0,97
Al (cmolc/kg)	-0,37	-0,84	-0,83	-0,47
K (cmolc/Kg)	0,84	-0,11	-0,06	-0,44
Ca (cmolc/kg)	0,96	-0,07	0,99	-0,04
Mg (cmolc/kg)	0,82	-0,24	0,98	-0,03
S (cmolc/kg)	0,97	-0,15	0,99	-0,04
T (cmolc/kg)	0,92	-0,36	0,84	-0,53
S + Al (cmolc/kg)	0,96	-0,19	0,99	-0,06
V%	0,93	0,27	0,74	0,67
Al%	-0,69	-0,58	-0,88	-0,32
Profundidade (cm)	-0,75	-0,02	-0,21	0,67
Índice de vermelho (IV)	-0,82	-0,04	-0,60	0,01
Variância explicada (%)	55,44	13,67	49,96	21,59

Em que: MO = matéria orgânica; H+Al = hidrogênio mais alumínio ou acidez potencial; Al = alumínio; K = potássio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; S = soma de bases; T = capacidade de troca de cátions a pH 7,0; S+Al = capacidade de troca de cátions efetiva; V% = percentagem de saturação por bases; Al% = percentagem de saturação por alumínio.

tão importante nas áreas do Rebordo do Planalto onde não haja gradiente e/ou variação textural significativa.

A partir da AA foram formados os grupos pedológicos para ambos os fragmentos. Na floresta secundária o grupo 1

(Figura 1A) mostrou-se o mais homogêneo, com as menores distâncias de ligação entre as parcelas e menor variação dos dados. Para possibilitar as interpretações, os dados de solo foram reorganizados na Tabela 3, considerando os grupos

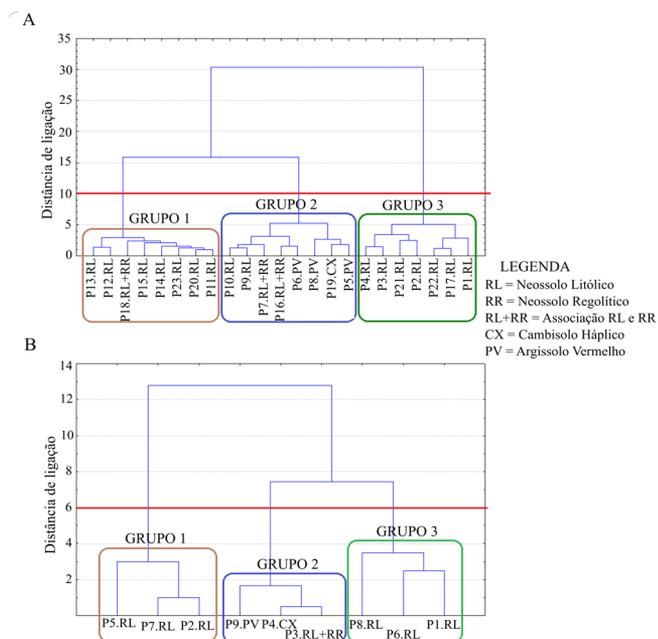


Figura 1. Dendrograma de agrupamento das parcelas da Floresta Secundária (A) e Capoeira (B) pelas variáveis de solo.

Tabela 3. Média aritméticas das variáveis pedológicas e topográficas da Floresta Secundária e Capoeira.

Variáveis	Floresta secundária			Capoeira		
	G1	G2	G3	G1	G2	G3
Grupo	G1	G2	G3	G1	G2	G3
Declividade (°)	14	13	16	18	16	16
Al tude	428	428	424	426	422	433
Cascalho	93	27	48	50	15	25
Areia fina	18	18	18	16	17	20
Areia grossa	5	7	5	7	7	4
Areia Total (%)	23	25	23	23	23	24
Silte (%)	49	48	49	48	48	50
Argila (%)	28	27	28	29	28	26
pH	5,7	5,2	5,9	5,4	5,9	5,9
MO (%)	8,71	6,52	13,61	9,46	9,98	18,28
H + Al (cmolc/kg)	9,74	9,76	10,83	12,94	8,81	16,15
Al (cmolc/kg)	0,12	0,58	0,38	0,78	0,36	0,33
K (cmolc/L)	0,68	0,54	0,83	0,77	0,72	0,78
Ca (cmolc/kg)	8,03	4,12	12,44	5,38	9,12	13,08
Mg (cmolc/kg)	3,05	1,49	6,63	2,58	5,28	8,96
S	12	6	20	9	15	23
T	21	16	31	22	24	39
S + Al	12	7	20	10	15	23
V%	55	39	65	40	63	59
Al%	1	9	2	8	2	1
Profundidade	21	59	12	25	68	8
EM	2	2	3	1	2	2
IV	3	5	2	3	2	2

Em que: G1 = grupo 1; G2 = grupo 2; G3 = grupo 3; PV = Argissolo Vermelho; RL + RR = Associação Neossolo Litólico + Neossolo Regolítico; CX = Cambissolo Háptico; RL = Neossolo Litólico; MO = matéria orgânica; H+Al = hidrogênio mais alumínio ou acidez potencial; Al = alumínio; K = potássio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; S = soma de bases; T = capacidade de troca de cátions a pH 7,0; S+Al = capacidade de troca de cátions efetiva; V% = percentagem de saturação por bases; Al% = percentagem de saturação por alumínio; EM = espessura da manta e IV = índice de vermelho.

formados. O grupo 2 apresentou parcelas com classes de solo com maiores profundidades (RL+RR, CX e PV) e cores mais avermelhadas, o que indica melhores condições de drenagem; menores teores de bases trocáveis, caráter distrófico (V% < 50%); menores teores de matéria orgânica e pH mais ácido (média de 5,2). O grupo 3 foi formado por parcelas de apenas RL, que tem como característica solos mais rasos, menos vermelhos, com maiores reservas de nutrientes e matéria orgânica, caráter eutrófico (V% > 50%), alta capacidade de troca de cátions e pH ácido (média de 5,9).

Quanto as diferenças entre os grupos pedológicos formados pela AA da capoeira, as variáveis diferenciaram três grupos, o grupo 2 foi formado por parcelas com as classes de solos PV, CX e RL+RR e os grupos 1 e 3 com apenas a classe de solos RL. Apesar desses grupos pertencerem à mesma classe de solo, estes apresentaram características pedológicas diferentes (Tabela 3) O grupo 1 apresentou maiores teores de Al, menores teores de bases trocáveis enquanto o grupo 3 apresentou maiores reservas de nutrientes e MO, caráter eutrófico. Pedron & Dalmolin (2011) confirmam que, tanto Neossolos com caráter eutrófico, como Neossolos com caráter distrófico, condicionados pelo clima, relevo, geologia e, nesse caso, pelo histórico de uso, são comuns na região do rebordo.

De modo geral, a profundidade e a quantidade de cascalho apresentaram valores extremos nos três grupos (Tabela 3) o que sugere a importância das limitações associadas aos atributos profundidade, relevo e presença de pedregosidade/rochiosidade na separação destes ambientes.

Ainda que a declividade não tenha demonstrado influência direta da determinação destes grupos, é possível verificar uma relação indireta, analisando as variáveis pedológicas. A relação entre a declividade e as características do solo são facilmente compreendidas, considerando que a declividade controla grande parte dos processos pedogenéticos (Wilson & Gallant, 2000). À medida que a declividade aumenta e a velocidade do fluxo de água aumentam, a precipitação recebida por unidade de área e sua infiltração diminui, o escoamento e a área de evaporação aumentam, afetando diretamente o potencial de armazenamento de água (Florinsky, 2016). Isso é que determina em parte a capacidade de armazenamento de água no solo, o potencial de erosão/deposição, e por consequência, o grau de desenvolvimento do solo e capacidade de sustentação das plantas.

Apesar da profundidade reduzida sugerir uma quantidade mais limitada de recursos, principalmente em relação à disponibilidade de água, estudo de Pedron et al. (2011) comprova que em Neossolos a retenção de água nos horizontes Cr pode ser maior em relação aos horizontes A. Assim, o potencial de armazenamento de água nos saprolitos está condicionado pela alteração mineralógica inicial e formação de microporos. Já a infiltração de água nestes horizontes está relacionada às frações granulométricas do solo, à quantidade, à espessura, ao ângulo e ao preenchimento das fraturas do horizonte saprolítico e

às condições de relevo e uso atual do solo (Stürmer et al., 2009). Além disso, rochiosidade, pedregosidade e a quantidade de cascalho podem afetar significativamente o desenvolvimento radicular, tanto pelo impedimento mecânico que oferece ao crescimento radicular, quanto na diminuição do volume de solo a ser explorado (Zonta et al., 2006). Todas estas variações demonstram a importância de incluir outras variáveis pedológicas, além da classe de solo, para auxiliar na separação destes ambientes.

Estrutura e similaridade da vegetação entre os grupos pedológicos

Para facilitar a comparação da vegetação dos grupos pedológicos na floresta secundária e evitar problemas causados por diferentes intensidades amostrais em comparações entre índices de diversidade de espécies foi excluída uma parcela do grupo 1 e uma parcela do grupo 2 para obter o mesmo número de parcelas entre os grupos, conforme sugerido por Oliveira-Filho et al. (2004). As parcelas excluídas nos dois grupos foram as que se agruparam por último na AA, sendo elas a parcela 18 no grupo 1 e a parcela 8 no grupo 2.

Na floresta secundária, o grupo 3 apresentou a maior densidade de indivíduos (307), assim como os maiores valores de área basal (6,10 m²) e de diâmetro médio (12,93 cm), enquanto que os menores valores para essas variáveis foram encontrados no grupo 2, de 260 indivíduos, 4,67 m² e 12,64 cm, respectivamente (Tabela 4). Porém, em relação à altura média das árvores e das copas das árvores aconteceu o inverso, sendo que o grupo 2 apresentou valores maiores que o grupo 3.

Em relação ao número de espécies, os grupos 2 e 3 da floresta secundária também foram os que mais se

diferenciaram, sendo que no grupo 3 ocorreram 48 espécies, 10 a mais que o grupo 2 e apenas 2 a mais que o grupo 1. Dessa forma, os grupos 1 e 3 apresentaram maior índice de diversidade de Shannon ($H' = 3,17$) em relação ao grupo 2 ($H' = 2,87$) (Tabela 4). O índice de equabilidade de Pielou foi de 0,83, 0,79 e 0,82, respectivamente para os Grupos 1, 2 e 3, considerados elevados, indicando homogeneidade da densidade de indivíduos entre as espécies, isto é, não houve dominância ecológica de espécies. O grupo 3 ainda apresentou o maior número de espécies exclusivas, com 12 espécies incomuns aos outros grupos. O grupo 1 e 2 apresentaram números semelhantes de espécies exclusivas, de quatro e cinco, respectivamente. Quanto à similaridade florística, os grupos de parcelas com menor similaridade na composição de espécies foram os grupos 2 e 3, com um índice de Jaccard de 0,41, enquanto que a comparação feita entre os grupos 1 e 2 e entre os grupos 2 e 3 resultaram em índices intermediários de similaridade florística, de 0,58 e 0,57, respectivamente. Os grupos 2 e 3 apresentaram a menor similaridade florística apontada pelo índice de similaridade (Tabela 4), denotando que o grupo 3 deve possuir espécies mais exigentes em nutrientes, enquanto no grupo 2 devem prevalecer espécies oligótrofas.

Com as comparações feitas entre os diferentes grupos de parcelas, verifica-se que as condições do solo influenciam a estrutura fisionômica e comunitária da vegetação na floresta secundária, visto que as maiores diferenças nos parâmetros da vegetação foram encontradas entre os dois grupos que também apresentaram as maiores diferenças nos fatores pedológicos. Nos solos mais profundos, ácidos, pobres em bases trocáveis e teores de matéria orgânica a vegetação foi menos densa e com indivíduos mais altos (grupo 2). Nos solos mais ricos em nutrientes e menos ácidos, porém mais rasos,

Tabela 4. Parâmetros fitossociológicos da Floresta Secundária e Capoeira dos grupos pedológicos encontrados na Análise de Agrupamento.

Variáveis da vegetação	Floresta secundária			Capoeira		
	G1	G2	G3	G 1	G2	G3
Número de parcelas	7	7	7	3	3	3
Número de indivíduos	279	260	307	113	133	151
Indivíduos por hectare (ind./ha)	1993	1857	2193	1883	2217	2517
Área basal (m ²)	5,30	4,67	6,10	0,75	0,98	1,00
Área basal por hectare (m ² /ha)	37,83	33,37	43,60	12,57	16,25	16,75
Altura máxima (m)	16,50	17,00	17,00	9,30	10,50	9,00
Altura média (m)	8,67	9,06	8,14	5,94	6,30	5,97
Diâmetro máximo (cm)	49,21	61,17	55,27	27,69	25,45	25,15
Diâmetro médio (cm)	12,78	12,64	12,93	8,41	8,81	8,30
Altura de copa média (m)	2,02	2,57	1,94	1,67	1,55	1,58
Altura de copa máxima (m)	6,00	6,30	7,00	3,5	3,5	4,0
Número de espécies	46	38	48	30	29	27
H' (nats.indivíduo ⁻¹)	3,17	2,87	3,17	2,98	2,88	2,80
Número de espécies exclusivas	4	5	12	6	3	5
J'	0,83	0,79	0,82	0,88	0,86	0,85
Índice de similaridade de Jaccard entre os pares de grupos						
G1	1			1		
G2	0,58	1		0,6	1	
G3	0,57	0,41	1	0,46	0,56	1

Em que: H' = Índice de Shannon; J' = Índice de equabilidade de Pielou; G1 = Grupo 1, G2 = Grupo 2 e G3 = Grupo 3

a vegetação foi mais densa, com maior número de espécies e com indivíduos com maiores dimensões em diâmetro (grupo 3). Resultado semelhante foi encontrado por Oliveira-Filho et al. (2004) em um fragmento florestal em Minas Gerais, em que foi observada maior densidade de árvores e maior diversidade, bem como maior número de indivíduos com as menores alturas na classe de solo RL, comparado a classes de solo mais profundas.

Quanto à capoeira, o grupo 3 apresentou a maior densidade de indivíduos, com 151 indivíduos e o grupo 1 a menor densidade, com 113 indivíduos (Tabela 4). O grupo 3 também apresentou a maior área basal de 1,00 m², porém bem próxima do grupo 2, com 0,98 m², enquanto que o grupo 1 apresentou a menor área basal de 0,75 m². O grupo 2 apresentou os maiores valores de altura média e diâmetro médio em relação aos outros grupos que apresentaram valores menores e semelhantes. As alturas médias de copa foram semelhantes entre os grupos, com maior valor (1,67 m) para o grupo 1.

Em relação à diversidade florística, não houve grandes diferenças entre os grupos da capoeira, sendo que o grupo 1 apresentou 30 espécies, uma a mais que o grupo 2 e três a mais que o grupo 3, e H' um pouco mais elevado que os demais grupos (Tabela 2). Os grupos 1 e 3 apresentaram seis e cinco espécies exclusivas, respectivamente, enquanto que o grupo 2 apresentou apenas três, caracterizando o menor número de espécies exclusivas. Os valores do índice de equabilidade de Pielou (J) foram altos nos três grupos (0,88, 0,86 e 0,85), indicando, também, que não houve dominância ecológica de algumas espécies. O índice de similaridade de Jaccard entre os grupos 1 e 2 apresentou o maior valor (0,60), seguidos pelos grupos 2 e 3 (0,56) e os grupos com menor similaridade florística foram o 1 e o 3 (0,46).

O grupo 3, de parcelas com solos mais férteis, com maiores reservas de nutrientes e matéria orgânica, alta capacidade de troca de cátions, pH mais alto e menor teor de Al, exibiram maior densidade de indivíduos arbóreos, somando uma área basal um pouco maior e uma diversidade de espécies um pouco menor que os demais grupos pedológicos. O grupo 1, com solos com características mais restritivas quanto à fertilidade, com maiores teores de Al e menores teores de bases trocáveis e matéria orgânica, e mais ácidos, mostraram o menor número de indivíduos, a menor área basal e a menor altura média, porém com a diversidade de espécies um pouco mais elevada que os demais grupos. Os maiores valores de altura média e diâmetro médio foram medidos nos solos do grupo 2, com maior profundidade e com menor influência da variação dos dados de fertilidade.

Apesar da área amostral da capoeira não apresentar diferenças tão nítidas na estrutura da vegetação, devido seu tamanho reduzido, percebe-se um comportamento diferente em relação à floresta mais desenvolvida quanto à riqueza de espécies. A maior riqueza de espécies na floresta secundária foi encontrada nos solos com maior qualidade nutritiva, enquanto que na capoeira a maior riqueza foi encontrada nos solos mais pobres em nutrientes e mais ácidos (Tabela 3

e 4), destacando assim a importância das espécies pioneiras da capoeira na recuperação de áreas degradadas onde o solo normalmente apresenta fertilidade baixa.

Influência dos gradientes ambientais na ocorrência das espécies

A análise da influência dos gradientes ambientais na distribuição das espécies foi realizada para cada fragmento em separado, visto que os mesmos apresentam variação dos dados de solo e parâmetros de vegetação. Na floresta secundária, 22 espécies foram incluídas na matriz, depois de serem excluídas as espécies com sete ou menos indivíduos e as espécies muito abundantes em todas as parcelas, que podem causar desvios na análise. Na rotina de seleção das variáveis, cinco variáveis foram significativas no teste de Monte Carlo e incluídas na análise, sendo elas: profundidade (PROF), índice de vermelho (IV), areia (AR), pH e magnésio (Mg). Observa-se nos diagramas de ordenação da ACC da floresta secundária, nas Figuras 2A e 2B, que as variáveis pH e PROF são as mais fortemente correlacionadas com os eixos de ordenação, são representadas por setas maiores do que aquelas mais fracamente correlacionadas, com setas menores e, portanto, são mais estreitamente relacionadas com o padrão de variação da distribuição das parcelas e espécies mostrados nos diagramas.

As parcelas de PV aparecem no canto esquerdo inferior do diagrama da Figura 2A associadas às maiores PROF e maiores

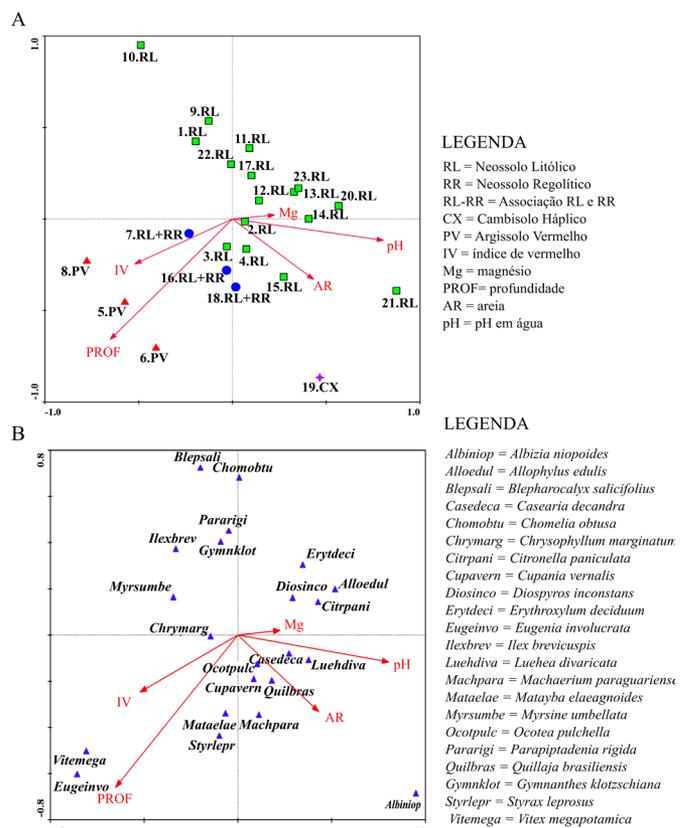


Figura 2. Diagrama de ordenação das parcelas (A) e espécies (B) nos eixos 1 e 2 produzido pela ACC da Floresta Secundária.

IV, e também aos menores valores de pH. As parcelas com associação entre RL e RR aparecem próximas a parte central do diagrama associadas aos valores intermediários de pH e PROF. Percebe-se que as parcelas de RL estão associadas às menores profundidades e apresentam-se mais dispersas em relação à variação do pH, apresentando no lado direito do diagrama parcelas de solos associadas a pH mais elevado e no lado esquerdo algumas parcelas associadas aos menores valores de pH. A única parcela de CX mostra-se associada positivamente com as variáveis PROF, AR e pH.

As espécies *Eugenia involucrata* e *Vitex megapotamica* são mais abundantes nas parcelas de PV, solos com maiores PROF e IV. A preferência dessas espécies por Argissolos é descrita por Soares et al. (2015) e Carvalho (2009). Podem ocorrer também em solos graníticos do tipo Neossolos ou em transição entre Argissolos e Cambissolos (Medeiros et al., 2013). As espécies *Styrax leprosus*, *Matayba elaeagnoides* e *Machaerium paraguariense*, também associadas positivamente com a profundidade, índice de vermelho e com a quantidade de areia, devem ser mais abundantes em locais com associação entre os solos RL e RR (Figura 2B), comprovado também em Soares et al. (2015). *Blepharocalyx salicifolius* e *Chomelia obtusa* também aparecem fortemente associadas com a profundidade e o índice de vermelho na parte superior do diagrama, em RL, porém de maneira negativa, juntamente com as espécies *Parapiptadenia rigida*, *Gymnanthes klotzschiana*, *Erythroxylum deciduum*, *Allophylus edulis*, *Citronella paniculata* e *Diospyros inconstans*, sendo as quatro últimas espécies relacionadas com maiores valores de pH, os quais influenciam a distribuição das espécies *Luehea divaricata* e *Casearia decandra*. Para Scipioni et al. (2008) essas espécies têm preferências por solos do tipo RL, comprovando os resultados apresentados. As espécies mais correlacionadas com menores valores de pH foram *Ilex brevicuspis* e *Myrsine umbellata*. A relação da ordenação da espécie *Albizia niopoides* é semelhante à ordenação da parcela de Cambissolo Háplico, sugerindo uma maior abundância da espécie nessa parcela.

Para gerar a matriz de espécies da capoeira, foram excluídas as espécies com dois ou menos indivíduos e duas espécies mais abundantes da área amostral, sendo incluídas 23 na matriz final usada na ACC. A partir dos testes de Monte Carlo na rotina de seleção das variáveis, foram incluídas apenas três variáveis na análise, altitude, IV e silte. As variáveis estão representadas nos diagramas por setas, sendo que a variável silte possui uma seta menor por ser menos correlacionada com o eixo 1 e está próxima da seta da altitude por ser correlacionada com esta, como mostram as Figuras 3A e 3B.

Um grupo de três parcelas aparece na parte superior do diagrama associado positivamente ao IV, sendo que duas parcelas desse grupo também estão associadas às menores altitudes (Figura 3A). No lado direito do diagrama aparece outro grupo com três parcelas de RL associadas às maiores altitudes e quantidades de silte. E ainda um terceiro grupo aparece na parte inferior do diagrama, constituído por três

parcelas com diferentes tipos de solo, CX, RL e RR, associados às menores altitudes e menores índices de vermelho. Nota-se que os tipos de solo mais profundos aparecem no lado esquerdo do diagrama associados às altitudes menores, devido às áreas mais baixas representarem ambientes deposicionais que permitem a formação de solos com maior profundidade.

O diagrama de ordenação das espécies da Figura 3B mostra um grupo de espécies com maior abundância de indivíduos arbóreos nas maiores altitudes e em locais com mais silte, no lado direito do diagrama. Dentre elas, destacam-se as espécies *Dalbergia frutescens*, *Vitex megapotamica*, *Gonolobus polymorpha* e *Helietta apiculata*. Algumas espécies aparecem mais associadas positivamente com solos com maior IV, como *Quillaja brasiliensis*, *Zanthoxylum rhoifolium*, *Matayba elaeagnoides* e *Ilex brevicuspis*, que também está associada a menores altitudes. Nos locais de menores altitudes também aparecem *Machaerium paraguariense*, *Ocotea pulchella*, *Dasyphyllum spinescens* e *Erythroxylum deciduum* como espécies associadas.

Observou-se que a variável IV influencia na ordenação das espécies na floresta secundária e na capoeira. Nos locais com maiores IV ocorre maior abundância das espécies *Vitex megapotamica* e *Eugenia involucrata*, associadas também aos solos mais profundos, na floresta secundária, e maior abundância das espécies *Quillaja brasiliensis*, *Zanthoxylum rhoifolium* e *Ilex brevicuspis*, na capoeira. Sugere-se, assim, que essas espécies têm preferências por solos mais vermelhos, sendo esses mais bem drenados, com menor quantidade de matéria orgânica e nutrientes, e com maior acidez, como confirmado pelas análises anteriores. Dentre

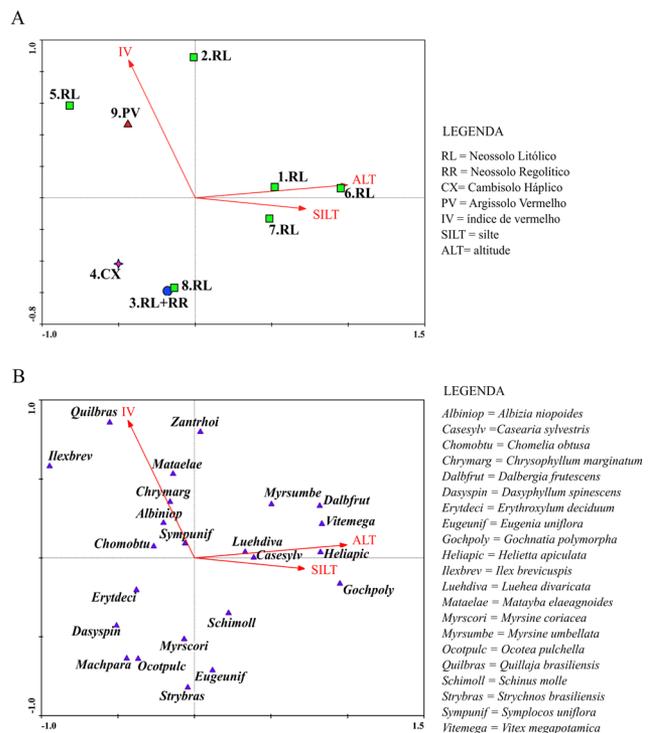


Figura 3. Diagrama de ordenação das parcelas (A) e espécies (B) nos eixos 1 e 2 produzido pela ACC da Capoeira.

as espécies citadas, Floss (2011) indica a espécie *Ilex brevicauspis* como indicadora de solos ácidos e a espécie *Zanthoxylum rhoifolium* como generalista, sem possuir preferências por condição de substrato, em um trabalho realizado em nascentes de diferentes formações florestais no oeste de Santa Catarina.

Em locais com os menores IV aparecem como mais abundantes as espécies *Blepharocalyx salicifolius* e *Chomelia obtusa*, associadas também com solos rasos, na floresta secundária, e as espécies *Strychnos brasiliensis*, *Eugenia uniflora*, *Myrsine coriacea* e *Schinus molle*, na capoeira. Essas espécies têm preferências por solos menos vermelhos, o que indica solos mais ricos em matéria orgânica e nutrientes, bem como menos ácidos. A espécie *Strychnos brasiliensis* também foi encontrada por Machado et al. (2008) em maior abundância em solos de maior fertilidade e com maior disponibilidade de água em um fragmento florestal em Minas Gerais.

Conclusões

Os fragmentos florestais em diferentes estágios de regeneração apresentaram variações pedológicas que exibiram características diferentes na estrutura fisionômica entre e dentro dos fragmentos. Dentre as variáveis topográficas analisadas, a altitude apresentou influência na distribuição de espécie da capoeira e a declividade não afetou diretamente no comportamento dos fragmentos florestais.

Na floresta secundária as variáveis que exerceram maior influência na distribuição de espécies foram profundidade, areia, pH e IV. Já na capoeira foram silte, IV e altitude.

A maior riqueza de espécies na floresta secundária foi encontrada nos solos com maior fertilidade. Na capoeira a maior riqueza de espécies ocorreu nos solos mais ácidos e com baixa reserva de nutrientes, destacando assim a importância das espécies pioneiras nesse estágio de regeneração florestal.

Literatura Citada

- Alvares, C.A.; Stape, J.L.; Sentelhas, P.C.; Gonçalves, J.L.M.; Sparovek, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v.22, n.6, p.711-728, 2013. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.
- Carvalho, P.E.R. Cerejeira: *Eugenia involucrata*. Colombo: Embrapa Florestas, 2009. 8p. (Embrapa Florestas. Comunicado Técnico, 224). <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPFF-2010/46373/1/CT224.pdf>. 10 Jan. 2017.
- Dick, G; Schumacher, M.V. Relações entre solo e fitofisionomias em florestas naturais. *Ecologia e Nutrição Florestal*, v.3, n.2, p.31-39, 2015. <https://doi.org/10.5902/2316980X16741>.
- Donagema, G.K.; Campos, D.V.B.; Calderano, S.B.; Teixeira, W.G.; Viana, J.H.M. Manual de métodos de análise de solos. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p. <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/104933/1/Manual-de-Mtodos-de-Anilise-de-Solo.pdf>. 10 Jan. 2017.
- Dullius M.; Dalmolin, R.S.D.; Longhi, S.J.; Pedron, F.A.; Horst, T.Z.; Greff, L.T. Composição florística de florestas em diferentes estágios de regeneração no Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.11, n.3, p.238-246, 2016. <https://doi.org/10.5039/agraria.v11i3a5382>.
- Felfili, G.M.; Carvalho, F.A.; Libano, A.M.; Venturoli, F.; Pereira, B.A da S. Análise multivariada em estudos de vegetação. Brasília: UnB, 2007. 59 p. (Comunicações Técnicas Florestais, v.9, n.1).
- Florinsky, I. Digital terrain analysis in soil science and geology. 2.ed. Oxford: Academic Press, 2016. 506p.
- Floss, P.A. Aspectos ecológicos e fitossociológicos no entorno de nascentes em formações florestais do oeste de Santa Catarina. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2011. 154p. Tese Doutorado. <http://repositorio.ufsm.br/handle/1/3737>. 15 Jan. 2017.
- Gauch, M.G. Multivariate analysis of community ecology. Cambridge: Cambridge University Press, 1082. 127 p.
- Hair, J.F.; Black, W.C.; Babin, B.; Anderson, R.E.; Tatham, R.L. Análise multivariada de dados. 6.ed. Porto Alegre: Bookman, 2009. 688p.
- Higuchi, P.; Silva, A.C.; Ferreira, T.S.; Souza, S.T.; Gomes, J.P.; Silva, K.M., Santos, K. F., Berndt, E. J., Junior, J. O. S., Gois, D. T., Weiduschat, F. Florística e estrutura do componente arbóreo e relação com variáveis ambientais em um remanescente florestal em Campos Novos-SC. *Ciência Florestal*, v.26, n.1, p.35-46, 2016. <https://doi.org/10.5902/1980509821089>.
- Kilca, R.V.; Pedron, F.A.; Schwartz, G.; Longhi, S.J.; Deobald, G.A. Soil changes in a subtropical seasonal forest chronosequences in the south of Brazil. *Ciência Rural*, v. 45, n. 12, p. 2174-2180, 2015. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20150035>.
- Machado, E.L.M.; Oliveira-Filho, A.T.; Van Den Berg, E.; Carvalho, W.A.C.; Souza, J.S.; Marques, J.J.G.S.M.; Calegário, N. Efeitos do substrato, bordas e proximidade espacial na estrutura da comunidade arbórea de um fragmento florestal em Lavras, MG. *Revista Brasileira de Botânica*, São Paulo, v.31, n.2, p.287-302, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042008000200011>.
- Medeiros, P.S.C. de; Nascimento, P.C. do; Inda, A.V.; Silva, D.S. da. Caracterização e classificação de solos graníticos em topossequência na região Sul do Brasil. *Ciência Rural*, v.43, n.7, p.1210-1217. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782013000700011>.
- Miguel, P.; Dalmolin, R.S.D.; Pedron, F.A.; Samuel-Rosa, A.; Medeiros, P.S.C.; Moura-Bueno, J.M.; Balbinot, A. Solo e dinâmica de ocupação das terras em áreas do rebordo do Planalto do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Agrociências*, v.17, n.4, p.447-455, 2011. <https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/CAST/article/view/2080/1918>. 21 Jan. 2017.
- Oliveira-Filho, A.T.; Carvalho, D.A.; Fontes, M.A.L.; Van Den Berg, E.; Curi, N.; Carvalho, W.A.C. Variações estruturais do compartimento arbóreo de uma floresta semidecídua altomontana na chapada das Perdizes, Carrancas, MG. *Revista Brasileira de Botânica*, v.27, p.291-309, 2004. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042004000200009>.
- Pedron, F.A.; Azevedo, A.C.; Dalmolin, R.S.D., Stürmer, S.L.K., Menezes, F.P. Morfologia e Classificação Taxonômica de Neossolos e Saprólitos derivados de rochas vulcânicas da Formação Serra Geral no Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.33, n.1, p.119-128, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832009000100013>.

- Pedron, F.A.; Dalmolin, R.S.D. Solos da região do rebordo do Planalto Meridional no Rio Grande do Sul. In: Schumacher, M. V.; Longhi S.J.; Brun, E.J.; Kilca, V.R. (Eds.) A Floresta Estacional Subtropical - caracterização e ecologia no Rebordo do Planalto Meridional. Santa Maria, RS: Editora Pallotti, 2011. p.33-51.
- Pedron, F.A.; Fink, J.R.; Rodrigues, M.F.; Azevedo, A.C. Condutividade e retenção de água em Neossolos e saprolitos derivados de arenito. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.35, n. 4, p.1253-1262, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832011000400018>.
- Poelking, E.L., Dalmolin, R.S.D., Pedron, F.D.A., Fink, J.R. Sistema de Informação Geográfica aplicado ao levantamento de solos e aptidão agrícola das terras como subsídios para o planejamento ambiental do município de Itaara, RS. *Revista Árvore*, v.39, n.2, p.215-223, 2015. <https://doi.org/10.1590/0100-67622015000200001>.
- Rodrigues, A.L.; Watzlawick, L.F.; Genú, A.M.; Hess, A.F.; Ebling, Â.A. Atributos de um solo florestal em uma toposequência e relações com a comunidade arbórea. *Floresta*, v.46, n.2, p.145-154, 2016. <https://doi.org/10.5380/rf.v46i2.36219>.
- Rovedder, A.P.M.; Almeida, C.M.; Araujo, M.M.; Tonetto, T.S.; Scotti, M.S.V. Relação solo-vegetação em remanescente da floresta estacional decidual na Região Central do Rio Grande do Sul. *Ciência Rural*, v.44, n.12, p.2178-2185, 2014. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20130698>.
- Samuel-Rosa, A.; Miguel, P.; Dalmolin, R.S.D.; Pedron, F.A. Uso da terra no Rebordo do Planalto do Rio Grande do Sul. *Ciência e Natura*, UFSM, v.33, n.1, p.161-173, 2011. <https://doi.org/10.5902/2179460X9991>.
- Santos, H.G.; Jacomine, P.K.T.; Anjos, L.H.C.; Oliveira, V.Á.; Lumbreras, J.C.; Coleho, M.R.; Almeida, J.A.; Cunha, T.J.F.; Oliveira, J.B. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3.ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353p.
- Schumacher, M.V.; Longhi S.J.; Brun, E.J.; Kilca, V.R. (Eds.) A Floresta Estacional Subtropical - Caracterização e Ecologia no Rebordo do Planalto Meridional. Santa Maria, RS: Editora Pallotti, 2011. p. 320.
- Scipioni, M.C.; Longhi, S. J.; Reinert, D.J.; Araujo, M. M.; Pedron, F. de A. Distribuição do compartimento arbóreo em gradiente de relevo e solos na encosta Meridional da Serra Geral, RS. *Ciência Rural*, v.40, n.6, p.1295-1301, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782010005000090>.
- Scipioni, M.C.; Longhi, S.J.; Brandelero, C.; Pedron, F.A.; Reinert, D.J. Análise fitossociológica de um fragmento de floresta estacional em uma catena de solos no Morro do Cerrito, Santa Maria, RS. *Ciência Florestal*, v.22, n.3, p.457-466, 2012. <https://doi.org/10.5902/198050986614>.
- Silva, R.B.M.; Francelino, M.R.; Moura, P.A.; Moura, T.A.; Pereira, M.G.; Oliveira, C.P. Relação solo/vegetação em ambiente de Cerrado sobre influência do Grupo Urucuia. *Ciência Florestal*, v.25, n.2, p.363-373, 2015. <https://doi.org/10.5902/1980509818455>.
- Soares, J.C.W.; Reinert, D.J.; Reichert, J.M.; Kaisar, D.R.; Minella, J.P.G.; Gonçalves, S.D.M. de A.; Silva, T. A.; Almeida Netto, T.; Bressan, V.C. Relação solo/paisagem e sua variação temporal em uma estação experimental de silvicultura. *Ciência Florestal*, v.25, n.2, p.477-489, 2015. <https://doi.org/10.5902/1980509818467>.
- Stürmer, S. L. K.; Dalmolin, R. S. D.; Azevedo, A. C.; Pedron, F. A.; Menezes, F. P. Relação da granulometria do solo e morfologia do saprolito com a infiltração de água em Neossolos Regolíticos do rebordo do Planalto do Rio Grande do Sul. *Ciência Rural*, v.37, n.7, p.2057-2064, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782009005000141>.
- Ter Braak, C.J.F. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, v.67, n. 5, p.1169-1179, 1986. <https://doi.org/10.2307/1938672>.
- Ter Braak, C.J.F.; Smilauer, P. CANOCO reference manual and CanoDraw for Windows user's guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5). Ithaca: Microcomputer Power, 2002. 500p.
- Torrent, J.; Schwertmann, U.; Schulze, D.G. Iron oxide mineralogy of some soils of two river terrace sequences in Spain. *Geoderma*, v.23, p.191-208, 1980. [https://doi.org/10.1016/0016-7061\(80\)90002-6](https://doi.org/10.1016/0016-7061(80)90002-6).
- Wilson, J.P.; Gallant, J.C. Digital terrain analysis. In: Wilson, J.P.; Gallant, J.C. (Eds.), *Terrain analysis: principles and applications*. New York: John Wiley & Sons, 2000. Chap 1, p. 1-27.
- Yeomans, J.C.; Bremner, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. v.19, n.13, p.1467-1476, 1988. <https://doi.org/10.1080/00103628809368027>.
- Zonta, E., Brasil, F. D. C., Goi, S. R., Rosa, M. D.; Fernandes, M. O sistema radicular e suas interações com o ambiente edáfico. In: Fernandes, M.S. (Ed.). *Nutrição mineral de plantas*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. v. 1, p. 7-52.