

Avaliação da Sustentabilidade em Pastagens

Evaluation of Sustainability in Pastures

SOLDÁ, Carla Cristina¹; COMIN, Jucinei José²; FEISTAUER, Diogo³; FABIANE, Keli Cristina⁴; BERWANGER, Alexandre⁵; COUTO, Rafael da Rosa⁶

1 Eng^a. Agrônoma, Mestre em Agroecossistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC-Brasil, carlasolda@yahoo.com.br; 2 Professor Associado da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC-Brasil, j.comin@ufsc.br; 3 Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Sinop/MT-Brasil, dfeistauer@yahoo.com.br; 4 Instituto Federal de Santa Catarina, São Miguel do Oeste/SC-Brasil, keli.fabiane@ifsc.edu.br; 5 Universidade do Oeste de Santa Catarina, São José do Cedro/SC-Brasil, alexandreagro@yahoo.com.br; 6 Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC-Brasil, rrccouto@hotmail.com.

RESUMO: Os sistemas de produção agroecológicos mantêm a qualidade do solo e produzem alimentos. O trabalho foi desenvolvido na região Oeste de Santa Catarina, entre as safras de inverno e verão de 2011 avaliando a sustentabilidade de dois sistemas com pastagens manejados sob Pastoreio Racional Voisin (SP PRV) em comparação com dois sistemas manejados de forma convencional (SPC), além da realização de análises químicas e físicas do solo. O SP PRV apresentou médias superiores para o estado dos resíduos orgânicos e cor, odor e teor de matéria orgânica em relação ao SPC. A análise de agrupamento separou os sistemas SP PRV e SPC, tanto na estação de verão como na de inverno, demonstrando que os avaliadores tiveram sensibilidade semelhante ao ponderar os atributos avaliados em cada sistema. Ao considerar os indicadores em conjunto, o SP PRV também apresentou médias superiores. Verificou-se que as avaliações quantitativas se inter-relacionam com as qualitativas e ajudam agricultores a compreender os processos que permeiam o bom desempenho de pastagens manejadas adequadamente, como o caso do PRV, melhorando a qualidade solo.

PALAVRAS-CHAVE: Indicadores, Qualidade do solo, Pastoreio Racional Voisin

ABSTRACT: The agroecological production help to preserve the natural resources and produce food. The study was developed in the west of Santa Catarina State, between the winter and summer harvest of 2011 to evaluate the sustainability of two systems with managed pastures through the Voisin's Rational Grazing (SP VRG) compared to two pastures systems managed conventionally (PSC), besides the realization of the chemical and physical analyzes of the soil. The SP VRG showed higher means for the state of organic waste and color, odor and organic matter content in relation to PSC. With an analysis of grouping was possible to separate from the systems SP and SPC PRV, both in summer as in winter, showing that the evaluators had similar sensitivity when considering the attributes evaluated in each system. When considering the indicators together, the SP VRG also showed higher average. The quantitative evaluations are interrelated with the qualitative evaluation and the farmers have understanding of the status of their productive systems and help farmers to understand the agroecological processes that permeate the good performance of the managed pastures properly, as the case of the VRG, improving the soil quality.

KEY WORDS: Indicators, Soil Quality, Voisin's Rational Grazing

Correspondências para: carlasolda@yahoo.com.br
Aceito para publicação em 27/02/2014

Introdução

A produção de leite em Santa Catarina se encontra em 5º lugar no ranking nacional, sendo responsável por 7,7% da produção, e continua ganhando espaço. Segundo dados preliminares do IBGE (2010), a produção leiteira alcançou 2,38 bilhões de litros, representando aproximadamente 6,4% acima da produção de 2009. Neste contexto, a região oeste de Santa Catarina, onde a atividade pecuária é desenvolvida por 51.614 famílias (IBGE, 2006), contribuiu em 2010 com 1,7 bilhões de litros de leite, correspondendo a 73,2% da produção do estado de Santa Catarina, perfazendo um total de valor bruto de produção de 1,1 bilhão de reais (IBGE, 2010).

Apesar da importância da atividade leiteira, o manejo incorreto das pastagens e do solo é um dos principais entraves para se atingir a sustentabilidade da atividade nas propriedades rurais. De forma geral, o cultivo intensivo degrada a qualidade do solo (ARAÚJO et al., 2007), reduzindo a matéria orgânica e, por consequência, a fertilidade do solo, deteriora a sua estrutura e torna, por sua vez, o solo mais compactado. Santos et al. (2009) trabalhando com avaliações de áreas com capim quicúio (*Pennisetum clandestinum*), capim elefante (*Pennisetum purpureum*), capim Tifton 68 (*Cynodon dactylon*) e floresta subtropical, observaram que o manejo das pastagens sem revolvimento do solo permite manter os teores de matéria orgânica, de P e de K, principalmente na camada de 0-5 cm, promovendo maiores teores de nutrientes na superfície. Ademais, as pastagens são promissoras para aumentar o estoque de carbono do solo, uma vez que o acúmulo de carbono, na camada de 0-20 cm, apresentou valores superiores àqueles da condição original com floresta subtropical.

O Pastoreio Racional Voisin (PRV) através da máxima captação da energia solar permite produzir leite à base de pasto de forma eficiente, com balanço de energia positivo, melhorando a fertilidade do solo e protegendo o ambiente. O PRV

é um “...sistema de manejo das pastagens que se baseia na intervenção humana, nos processos da vida dos pastos e da vida do ambiente, a começar pela vida do solo e o desenvolvimento da sua biocenose” (PINHEIRO MACHADO, 2010, p. 39). Esta intervenção busca contribuir para a melhora do crescimento das pastagens e da colheita de pasto pelo animal.

A avaliação das propriedades físicas do solo, como a densidade e a porosidade do solo tem sido usada para indicar restrições ao desenvolvimento de plantas. Em áreas de pastagens, o aumento da densidade do solo e a redução da porosidade são consequências do pisoteio animal (SANTOS et al., 2009; GUARIZ et al., 2009; PIGNATARO NETTO et al., 2009). De forma geral, o manejo intensivo diminui a taxa de infiltração de água no solo (ARAÚJO et al., 2007) e, por consequência, aumenta a erosão do solo.

Para alcançar um sistema produtivo sustentável, é preciso compreender as práticas desenvolvidas nas propriedades, pois “um sistema agrícola é considerado sustentável se conservar a base de recursos naturais e continuar a satisfazer as necessidades do agricultor” (ALTIERI, 2012, p. 144). No caso das pastagens, o manejo racional é um dos fatores de maior importância para a produção sustentável, onde é necessária a máxima eficiência para proteger as pastagens e, ao mesmo tempo, resultar em adequado desempenho animal (VOISIN, 1974).

A avaliação da qualidade do solo através de indicadores qualitativos para a mensuração da sustentabilidade de sistemas agrícolas foi realizada por diversos autores para culturas perenes e hortaliças (ALTIERI & NICHOLLS, 2002; FERREIRA LOBO, 2005; SARANDÓN, 2006; CASALINHO et al., 2007). No entanto, são escassos os trabalhos que avaliaram sustentabilidade de pastagens.

O presente estudo teve como objetivo avaliar a sustentabilidade de pastagens manejadas sob Pastoreio Racional Voisin em comparação com

pastagens manejadas de forma convencional, através de indicadores de qualidade do solo construídos com o conhecimento local dos agricultores.

Material e Métodos

O trabalho foi desenvolvido na região Oeste de Santa Catarina, nos municípios de Pinhalzinho e Saudades, envolvendo quatro famílias agricultoras pertencentes à Cooperativa dos Trabalhadores na Agricultura Familiar-COOTRAF.

O clima da região é classificado como Cfa segundo o sistema de classificação de Köppen, caracterizado como subtropical úmido, sem estação seca e com verão quente. As temperaturas médias anuais mínimas e máximas da região estão entre 12,9 a 14,0 °C e entre 25,8 a 27,5°C, respectivamente. A temperatura média anual varia de 17,9 a 19,8°C e a precipitação pluviométrica média anual de 1430 a 2020mm, com o total de dias de chuva entre 118 e 146 dias e a umidade relativa do ar de 77 a 82%. Podem ocorrer, em termos normais, de cinco a 12 geadas por ano. Os valores de horas de frio iguais ou abaixo de 7,2 °C variam de 164 a 437 horas acumuladas por ano. A insolação varia de 2.117 a 2.395 horas nesta sub-região. A vegetação predominante é Floresta Estacional Decidua, composta por grápias, angicos vermelhos, guajuviras, louro-pardo e canafístulas (EPAGRI/CIRAM, 2012). As áreas estudadas compreendem duas classes de solos: Cambissolo Háplico Distroférrico na propriedade com Sistema de Pastagem Convencional 2 e Sistemas de Pastagem sob Pastoreio Racional Voisin 1 e 2, e Nitossolo Vermelho Distroférrico na propriedade com Sistema de Pastagem Convencional 1 (UBERTI, 2005).

As propriedades foram caracterizadas por sistemas de produção: Sistemas de Pastagens Manejados de forma Convencional (SPC) e Sistemas de Pastagens manejados sob Pastoreio

Racional Voisin-PRV (SP PRV). Ressalta-se que as propriedades conduzidas sob Sistema de Pastagens em PRV são propriedades exploradas com princípios agroecológicos.

A avaliação da qualidade do solo e da sustentabilidade das pastagens foi realizada através do ajuste do método proposto por Altieri & Nicholls (2002), em dois momentos, o inverno e o verão. Foram escolhidos sete indicadores para o momento inverno e oito indicadores para o momento verão. Para cada indicador foi atribuída uma nota de 1 a 10, segundo a avaliação do seu estado. O valor 1 corresponde ao nível indesejável, o 5 representa um valor médio e o 10 equivale ao nível desejável. Assim, os indicadores para avaliar a qualidade do solo foram: Atividade Biológica do Solo; Compactação e Infiltração; Cor, Odor e Teor de Matéria Orgânica; Desenvolvimento das Raízes; Diversidade Vegetal; Erosão; Estados dos Resíduos Orgânicos; Estrutura do Solo. Os indicadores avaliados a campo foram baseados nas observações dos agricultores e os resultados foram apresentados em gráficos tipo “Teia ou ameiba”, por permitir que os valores atribuídos fossem mais facilmente observados e permitissem verificar o estado da qualidade do solo. Os valores mais próximos do lado externo do gráfico indicam que o sistema está mais próximo da sustentabilidade.

Para auxiliar na interpretação da avaliação da qualidade do solo e da sustentabilidade das pastagens, foram realizadas análises químicas de macronutrientes (P, K, Ca e Mg) e micronutrientes (Zn, Mn, Cu e Fe), pH, matéria orgânica, H + Al, capacidade de troca de cátions (CTC), saturação por base (V) através das rotinas descritas em Tedesco et al. (1995). As análises de solo foram realizadas no Laboratório de Análises Químicas da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), no município de Chapecó, SC.

Para as análises físicas do solo, que englobaram densidade e porosidade do solo, foi utilizado o delineamento experimental em faixas, com parcelas subdivididas e seis repetições, sendo os Sistemas de Pastagens Manejados sob Pastoreio Racional Voisin (SP PRV) e os Sistemas de Pastagens Manejados de forma Convencional (SPC) considerados as parcelas principais. As subparcelas foram constituídas pelas profundidades de coleta das amostras. As profundidades avaliadas foram 0-5 cm e 10-15 cm, perfazendo um total de 48 amostras. A determinação da densidade e da porosidade do solo foi realizada conforme a metodologia descrita pela EMBRAPA (1997). As análises físicas foram realizadas no Laboratório de Solos da Universidade do Oeste de Santa Catarina (UNOESC), campus de São Miguel do Oeste, unidade de São José do Cedro, SC.

Para determinar as diferenças significativas das avaliações da qualidade do solo foi aplicado o teste de *t-student* em nível de 5% de significância de probabilidade. Para a determinação da existência de diferença significativa para as análises da densidade do solo e da porosidade, foi aplicado o teste *Tukey* em nível de significância de 5% de probabilidade.

Também se procedeu a análise de agrupamento, que foi realizada através do agrupamento completo (Complete Linkage), onde as distâncias entre os agrupamentos são determinadas pela maior distância entre dois objetos de diferentes agrupamentos. Para o cálculo dessas distâncias, foi utilizada a distância euclidiana, a qual leva em conta a distância geométrica entre dois objetos no espaço multidimensional. Nesta análise consideraram-se os quatro avaliadores em cada propriedade nos dois sistemas de uso do solo, SP PRV e SPC, separados em duas épocas verão e inverno. As variáveis consideradas na análise foram Atividade

Biológica do Solo; Compactação e Infiltração; Cor, Odor e Teor de Matéria Orgânica; Desenvolvimento das Raízes; Diversidade Vegetal; Erosão; Estados dos Resíduos Orgânicos; Estrutura do Solo.

Resultados e Discussão

Através de uma análise geral dos sistemas de pastagens com base nos oito indicadores de qualidade do solo, se verificou que o Sistema de Pastagens Manejado sob Pastoreio Racional Voisin (SP PRV) apresentou médias estatisticamente superiores em comparação com o Sistema de Pastagens Manejados de forma Convencional (SPC), nas duas épocas avaliadas (inverno e verão), conforme apresentado na Tabela 1. Quando os indicadores Estados de Resíduos Orgânicos e Cor, Odor e Teor de Matéria Orgânica foram analisados de forma independente, o SP PRV também apresentou médias estatisticamente superiores em relação ao SPC, tanto para a avaliação de inverno quanto para a avaliação de verão.

O indicador Diversidade Vegetal não apresentou diferenças significativas nas diferentes épocas (inverno e verão), porém o SP PRV apresentou maior disponibilidade de pasto em comparação ao SPC. Audeh et al. (2011, p. 43), completa que

“o desenvolvimento e a aparência das plantas é um indicador que permite avaliar as condições do solo em relação as suas características físicas, químicas e biológicas”.

Os indicadores Erosão, Estrutura do Solo, Compactação e Infiltração apresentaram diferenças significativas apenas para as avaliações de inverno, onde o SP PRV apresentou melhor desempenho em relação ao SPC, resultado que pode ser explicado pelo fato destes indicadores serem influenciados pelo manejo da pastagem. Laurindo et al. (2009), em estudo comparando o sistema de

manejo com plantio direto e o sistema de manejo com cultivo mínimo, avaliaram a densidade do solo nas profundidades de 0-5cm, 5-10cm, 10-15cm e 15-20cm, e encontraram valores de 1,12 g cm⁻³, 1,28 g cm⁻³, 1,32 g cm⁻³ e 1,28 g cm⁻³, respectivamente, no plantio direto e 1,10 g cm⁻³, 1,37 g cm⁻³, 1,37 g cm⁻³ e 1,28 g cm⁻³ no cultivo mínimo. Assim, apenas na camada de 0-5cm o cultivo mínimo apresentou menor valor de densidade em comparação ao plantio direto, devido à mobilização do solo.

Além disso, no presente trabalho, onde o manejo do solo era realizado com o revolvimento através de gradagens, como o caso do SPC, a erosão e a desestruturação do solo eram fortemente evidentes. Também merece ressalva que onde havia mais disponibilidade de espécies forrageiras (SP PRV), o solo se encontrava com

maior cobertura, e a erosão era impedida ou se encontrava em níveis não visíveis. Teores mais elevados de matéria orgânica contribuem para a agregação, consistência e a retenção de umidade do solo, criando condições adequadas para formação e estabilidade de macroagregados (SANTOS, 2008; BRAIDA et al., 2011), resultando em maior resistência do solo à erosão (CARTER, 2002).

Em solos descobertos, gradeados e revolvidos, a probabilidade de o solo ser erodido é maior. Inácio et al. (2007) quantificaram a erosão em pastagens com diferentes declives e concluíram que as perdas de solo para os declives <9, 10-15, 25-30 e 35-40%, na condição sem cobertura foram 3,7 Mg ha⁻¹, 6,5 Mg ha⁻¹, 26,9 Mg ha⁻¹ e 20,8 Mg ha⁻¹, respectiva e significativamente maiores do que no solo com cobertura da gramínea *Panicum*

Tabela 1: Valores atribuídos para os indicadores de sustentabilidade avaliados em duas épocas (inverno e verão) nos Sistemas de Pastagens Manejados sob Pastoreio Racional Voisin (SP PRV) e nos Sistemas de Pastagens Manejados de forma Convencional (SPC).

Indicadores	INVERNO					VERÃO				
	SP PRV		SPC		teste	SP PRV		SPC		teste
	MED	DP	MED	DP		MED	DP	MED	DP	
E.S.	6,7	0,9	4,8	0,7	*	6,6	1,8	5,6	0,7	ns
E. R. O.	6,2	2,2	3,9	1,0	*	6,2	2,1	4,6	1,2	*
D. R.	7,1	1,0	4,6	0,7	*	6,9	1,3	6,1	0,8	ns
E.	7,6	1,3	5,4	1,0	*	7,9	1,8	7,3	1,8	ns
C. O. MO.	6,8	1,7	4,7	0,6	*	6,6	1,7	4,9	0,6	*
D. V.	6,4	1,6	5,8	1,1	ns	6,3	1,1	6,3	1,3	ns
C. I.	5,6	0,8	4,1	1,0	*	6,2	1,7	5,6	0,9	ns
A. B.	-	-	-	-	-	5,5	1,4	5,3	0,7	ns
Médias	6,5	1,5	4,7	1,1	*	6,5	1,7	5,7	1,3	*

* = Significativo em nível de 5% de probabilidade; ns = não significativo segundo testes de t-student.

LEGENDA: MED=Média, DP=Desvio Padrão, E.S.=Estrutura do Solo, E.R.O.=Estados dos Resíduos Orgânicos, D.R.=Desenvolvimento das Raízes, E.=Erosão, C.O.MO.=Cor, Odor e Teor de Matéria Orgânica, D.V.=Diversidade Vegetal, C.I.=Compactação e Infiltração, A.B.=Atividade Biológica.

maximum, que foram 0,5 Mg ha⁻¹, 0,6 Mg ha⁻¹, 0,6 Mg ha⁻¹ e 1,2 Mg ha⁻¹, respectivamente. Assim, quando sob cobertura de gramínea, esses baixos valores de erosão podem ser atribuídos principalmente à interceptação das gotas da chuva e à barreira física promovida pela densa cobertura. Castro et al. (2011) comparando diferentes espécies de plantas de cobertura, no caso milho+crotalária, feijão-de-porco, feijão-guandu, milho+guandu e crotalária, encontraram como taxa de perda de solo por erosão os valores de 2,1 Mg ha⁻¹, 1,5 Mg ha⁻¹, 1,8 Mg ha⁻¹, 1,3 Mg ha⁻¹, 2,2 Mg ha⁻¹ e 2,9 Mg ha⁻¹, respectivamente, e concluíram que além da interceptação das gotas da chuva pela planta, o hábito de crescimento e a quantidade de material orgânico depositado no solo também influenciaram no controle da erosão, fato que explica o melhor resultado para o feijão-guandu.

A Atividade Biológica foi avaliada somente na época de verão, quando se verificou a presença de artrópodes nos dois sistemas, apesar de não ter ocorrido diferenças significativas. Apesar disso, o SPC apresentou visualmente maior presença de formigas e cupins. Também se verificou a presença de minhocas no SP PRV. Cardoso (2008) descreve que um manejo sadio do solo é aquele que estimula o desenvolvimento de organismos, e por isso se deve cultivar espécies adaptadas, que além de cobrirem o solo o protegendo do sol e das chuvas intensas, incrementam o desenvolvimento de microrganismos que auxiliam na melhoria da fertilidade do solo. Este comportamento também ajuda a explicar por que a consolidação do SP sob PRV proporciona benefícios em vários atributos do solo.

Para os indicadores Estados dos Resíduos Orgânicos e Cor, Odor e Teor de Matéria Orgânica houve diferenças significativas. Visualmente o solo do sistema SP PRV apresentou melhores características, fato que pode ser explicado pela

relação entre os indicadores como Atividade Biológica e o Estado dos Resíduos Orgânicos, que favorecem o aumento dos teores de matéria orgânica no solo. Wendling (2011) concluiu em seu estudo que as práticas preconizadas pelo PRV promovem o aumento no teor de matéria orgânica do solo, entre outras melhorias na fertilidade do solo.

Conforme salientado para o resultado superior do indicador Cor, Odor e Teor de Matéria Orgânica no SP PRV, o estado dos resíduos orgânicos possui relação direta com esse indicador, ou seja, este aumento pode ser explicado pela sobra de matéria seca que o PRV proporciona após anos de realização. Olanda et al. (2011) concluíram em estudo desenvolvido para determinar o teor de matéria orgânica do solo em sistema silvopastoril com bracatinga, sob PRV, que os tratamentos que apresentaram maiores teores de matéria orgânica foram os que possuíam os menores níveis de sombreamento, o que sugere ser a matéria seca das gramíneas a principal fonte de carbono para determinar a matéria orgânica do solo.

Para o indicador Desenvolvimento de Raízes, as diferenças significativas ocorreram apenas para época inverno, sendo que estas diferenças podem estar relacionadas com a compactação do solo, como observado anteriormente, pois o sistema SP PRV apresentou melhores resultados nesse indicador, refletindo em melhor desenvolvimento de raízes. Guariz et al. (2009), Pignataro Netto et al. (2009) concluíram que em áreas com excesso de pisoteio de animal, a densidade do solo tende a ser maior, provocando a degradação da qualidade do mesmo.

Através da análise de agrupamento (Figuras 1 e 2) observa-se a formação de grupos distintos de avaliadores, tanto para estação de verão quanto para a estação de inverno. Na avaliação de verão, observa-se a formação de três grupos de avaliadores (Figura 1), sendo o primeiro grupo

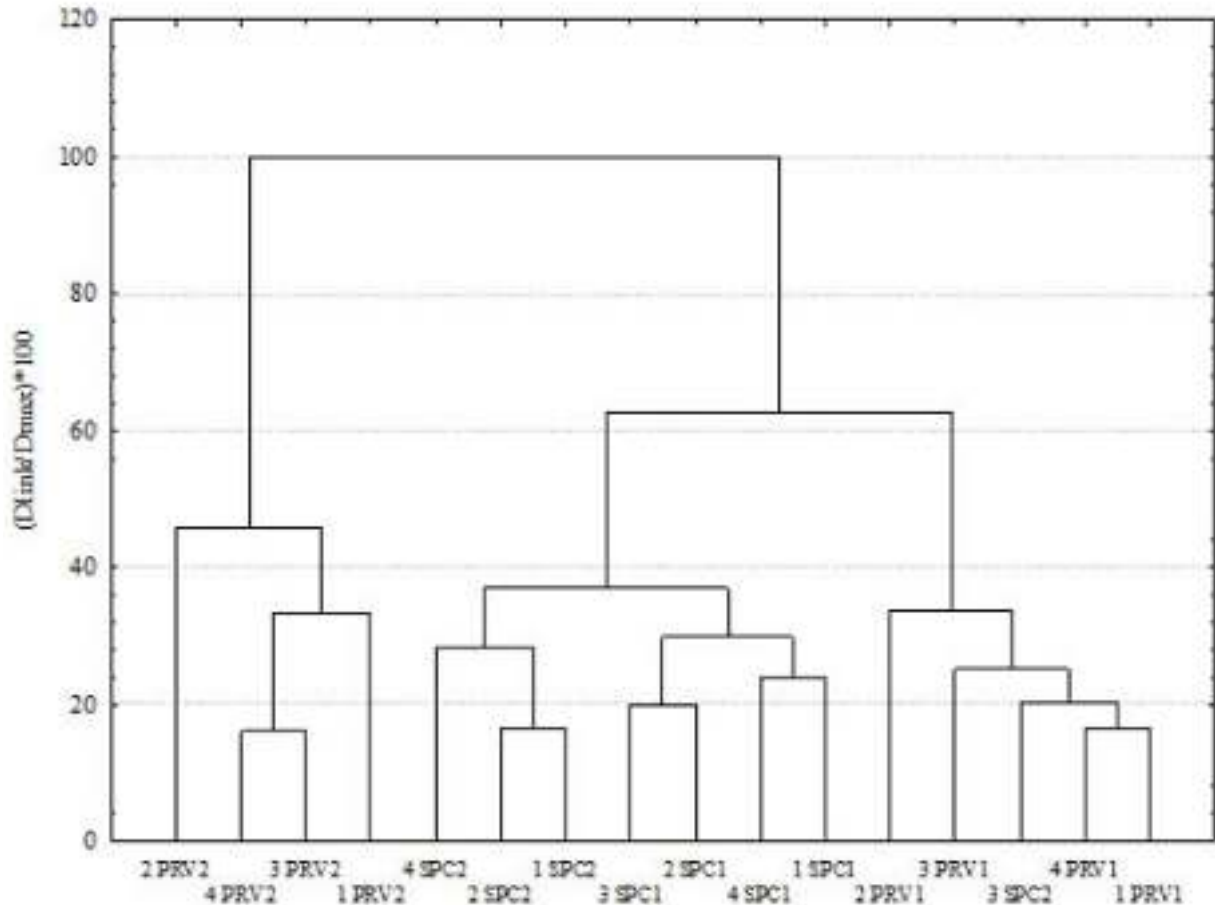


Figura 1: Dendrograma dos avaliadores nos sistemas SP PRV 1, SP PRV 2, SPC 1 e SPC 2 avaliados na estação de verão.

formado pelos avaliadores 2; 4; 3 e 1, da propriedade SP PRV 2, o segundo pelos avaliadores 4; 2; 1, da propriedade SPC 2, e 3; 2; 4 e 1 da propriedade SPC 1, e o último grupo pelos avaliadores 2, 3, 4 e 1 da propriedade SP PRV 1, e do avaliador 3 da propriedade SPC 2.

Na avaliação de inverno também se pode observar a formação de três grupos (Figura 2), sendo o primeiro formado pelo avaliador 4 da propriedade SPC 2 e os avaliadores 3; 4; 2 e 1 da propriedade SP PRV 2. O segundo grupo é formado pelos avaliadores 4; 2; 1 e 3 da

propriedade SPC 1 e dos avaliadores 3; 4 e 2 da propriedade SP PRV 1. O terceiro grupo é formado pelos avaliadores 3; 2 e 1 da propriedades SPC 2 e o avaliador 1 da propriedade SP PRV 1.

A análise de agrupamento permitiu uma separação clara dos sistemas SP PRV e SPC, tanto na estação de verão como na de inverno (Figuras 1 e 2), demonstrando uma tendência diferenciada dos dois sistemas avaliados. A forma de agrupamento encontrada sugere que os avaliadores tiveram sensibilidade semelhante ao ponderar os atributos avaliados. Portanto, os

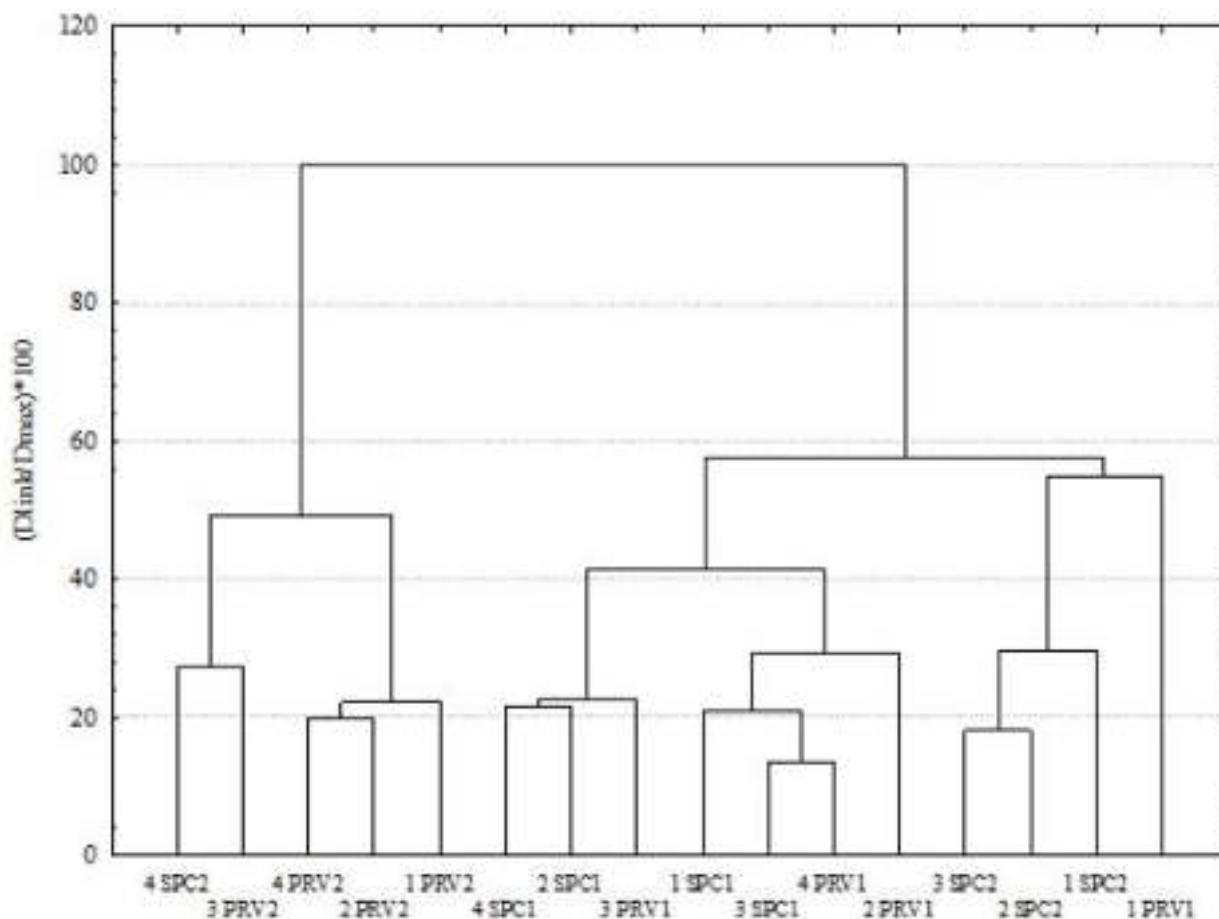


Figura 2: Dendrograma dos avaliadores nos sistemas SP PRV 1, SP PRV 2, SPC 1 e SPC 2 avaliados na estação de inverno.

resultados fundamentam aqueles encontrados através do teste de separação de médias, evidenciando a existência de uma disparidade entre os sistemas SP PRV e SPC.

No contexto geral, nas avaliações dos dois sistemas de pastagens, no inverno e no verão (Figuras 3 e 4), observa-se que em ambas as épocas o SP PRV apresentou os melhores resultados para os indicadores de qualidade do solo.

Na avaliação de inverno (Figura 3) o SP PRV apresentou valores superiores em relação ao SPC para todos os indicadores, demonstrando que esse

sistema possui potencial para manejo conservacionista do solo e das pastagens. Considerando que a maioria das médias do SPC ficou abaixo ou muito próxima da nota cinco, este sistema não possui características de sustentabilidade do solo e das pastagens, e, por consequência, contribui para a decadência da atividade leiteira.

Para a avaliação de verão (Figura 4), o SP PRV também apresentou melhores resultados para todos os indicadores avaliados, com exceção da Diversidade vegetal e da Atividade biológica, que apresentaram resultados semelhantes.



Figura 3: Avaliação da qualidade do solo nos Sistemas de Pastagens Manejados sob Pastoreio Racional Voisin (SP PRV) e nos Sistemas de Pastagens Manejados de forma Convencional (SPC) no período de inverno.

Verifica-se que nas duas épocas (inverno e verão) ocorreu certa semelhança na avaliação da qualidade do solo, com o formato do gráfico mais circular para o SP PRV e mais irregular para o SPC, o que demonstra que os agricultores possuem compreensões parecidas para avaliar a qualidade do solo através dos indicadores. Em trabalho desenvolvido por Altieri & Nicholls (2002) os autores demonstraram que com os valores obtidos para cada indicador e a construção de diagramas do tipo ameiba foi possível a descrição da qualidade do solo e da saúde das plantas, e quando os valores atribuídos aos indicadores

estavam mais próximos do diâmetro do círculo, o sistema era mais sustentável. Esses gráficos são apropriados, já que apresentam cada indicador em termos qualitativos e permitem uma comparação simples, mas integral, das vantagens e limitações dos sistemas em estudo. Para a interpretação das figuras, se considera a situação ideal a área formada pela linha externa da teia, enquanto que a área preenchida representa a situação encontrada na realidade, com cada vértice localizando a pontuação obtida pelo indicador (MATOS FILHO, 2004).

Com esses gráficos é possível visualizar a

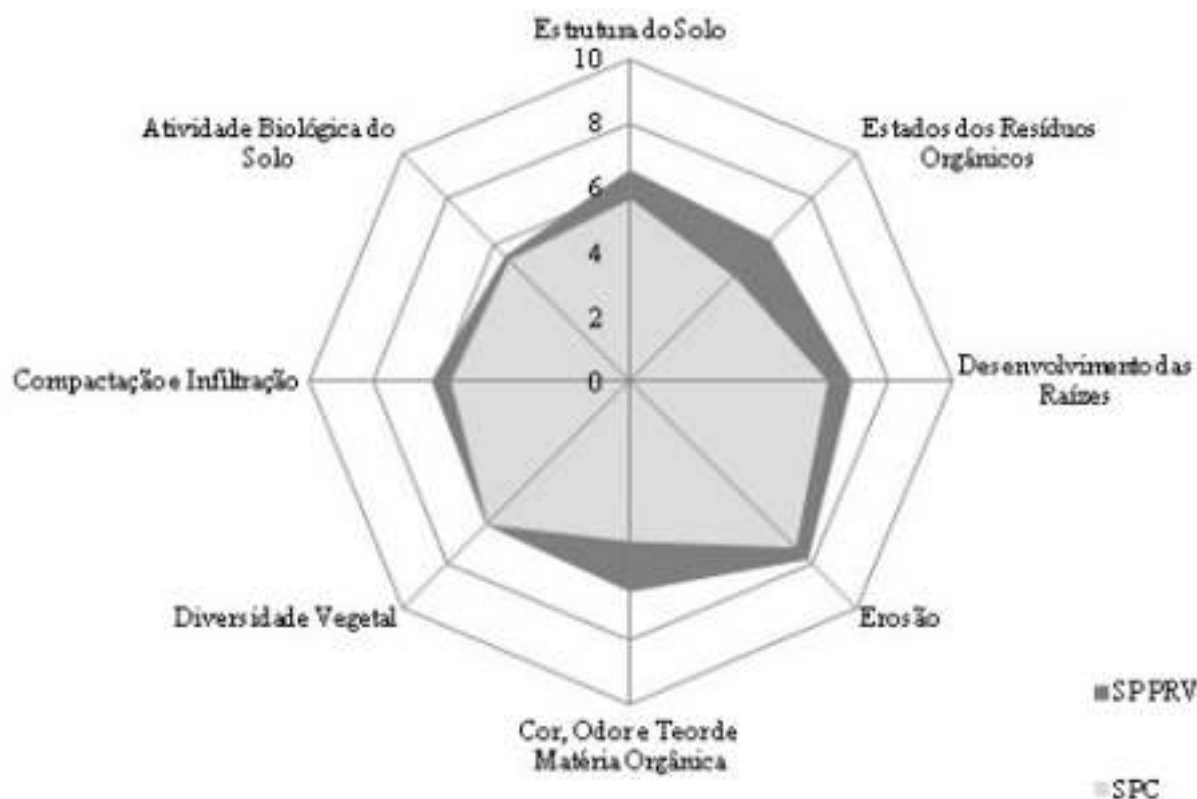


Figura 4: Avaliação da qualidade do solo nos Sistemas de Pastagens Manejados sob Pastoreio Racional Voisin (SP PRV) e nos Sistemas de Pastagens Manejados de forma Convencional (SPC), no período de verão.

situação do conjunto dos indicadores e identificar quais indicadores de cada propriedade devem ser melhorados. Também permite acompanhar o desempenho da propriedade numa escala temporal e realizar comparações entre as propriedades com o intuito de se estabelecer aquelas mais próximas da sustentabilidade.

Metodologia semelhante foi utilizada por Casalinho et al. (2007), onde concluíram que o método de avaliação da qualidade do solo reflete as percepções dos agricultores sobre seus agroecossistemas. Os autores ainda ressaltaram que sistemas que utilizam práticas ecológicas tendem a recuperar a qualidade do solo em áreas degradadas. Machado & Vidal (2006) utilizaram a

metodologia proposta por Altieri & Nicholls (2002) para avaliar a qualidade do solo e a sanidade vegetal dos cultivos de agricultores pertencentes a um assentamento e concluíram que a metodologia permitiu que os próprios agricultores observassem e avaliassem os seus sistemas e pudessem tomar decisões de melhorias dos atributos que estavam insatisfatórios, pois os mesmos acabavam por comparar uma propriedade com a outra. Outro ponto relevante destacado pelos autores foi a facilidade com que a metodologia permite capacitar os agricultores, despertando neles o interesse de promover melhorias nas atividades desenvolvidas e por consequência melhorando a qualidade de vida das famílias. Em estudo utilizando como base a

metodologia de Altieri & Nicholls (2002), Ferreira Lobo (2005) verificou que os indicadores de sustentabilidade permitiram a inclusão do produtor na investigação e interpretação de alguns parâmetros qualitativos do solo, do cultivo e da diversidade do ambiente, e possibilitaram uma visão do conjunto e, ao mesmo tempo, dos fatores específicos que poderiam estar limitando os sistemas de produção.

Em muitas situações, uma simples análise do gráfico permite, ao interferir em um único indicador, melhorar outros atributos. Tal é o caso da adubação verde ou das plantas de cobertura, que de acordo com Nalon & Oliveira (2009), assumem uma importância nos sistemas de produção agroecológicos, pois as espécies cultivadas para este fim conferem disponibilidade de matéria orgânica, além de ampliarem a biodiversidade. Prova deste incremento de matéria orgânica foi percebido por Audeh et al. (2011), em estudo participativo com agricultores, onde concluíram que os benefícios proporcionados pela matéria orgânica e as interações da mesma com as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo foram percebidos pelos agricultores no crescimento e desenvolvimento das plantas.

Na busca por aferir a percepção dos agricultores quanto à qualidade dos seus solos, foram realizadas análises químicas de rotina e análises físicas de densidade e porosidade do solo. Através da análise química de rotina do solo é possível que os agricultores acompanhem a evolução de alguns parâmetros importantes para avaliar aspectos relacionados à qualidade do solo e à nutrição das pastagens. No SP PRV, a interpretação dos resultados das análises químicas de solo (Tabela 2) demonstrou que os valores do pH para o SP PRV 1 e SP PRV 2 foram médios; os teores de matéria orgânica foram médios; os teores de fósforo baixo e muito baixo, respectivamente; de potássio muito altos; de cálcio e de magnésio altos;

e a saturação por bases apresentou valores médio e alto (SBSC, 2004).

Por outro lado, para o SPC (Tabela 2) a interpretação dos resultados das análises de solos demonstrou que o pH para o SPC 1 e SPC 2 foi baixo, o teor de matéria orgânica baixo e médio, respectivamente; o de fósforo foi muito baixo e baixo; os de potássio altos; de cálcio e magnésio altos; e a saturação por bases apresentou valores baixos (SBSC, 2004). As limitações verificadas através da análise química do solo (teores abaixo do recomendado) se inter-relacionam com as avaliações dos indicadores da qualidade do solo efetuadas pelos agricultores, onde o SPC apresentou médias inferiores ao SP PRV, o que demonstra o conhecimento dos agricultores dos seus sistemas e também indicam a necessidade de intervenções no sistema de manejo das pastagens convencionais para que a fertilidade do solo novamente se restabeleça e se mantenha em níveis adequados para o desenvolvimento das pastagens e de qualidade do solo.

Em ambos os sistemas a interpretação dos teores das análises de micronutrientes (Tabela 2) demonstrou que o cobre, o zinco, o manganês e o ferro estão em níveis altos. Os solos do estado de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul raramente apresentam deficiências de micronutrientes (SBSC, 2004).

Os dados de densidade do solo (Tabela 2), permitem verificar que na profundidade 0 a 5cm não houve diferença significativa entre os sistemas de manejo avaliados, conforme teste de Tukey ($p < 0.05$). É possível que a ausência de diferença entre os sistemas de manejo possa ser pelo fato de que no SPC a área é manejada com sucessivos revolvimentos de solo em períodos anteriores ao cultivo das espécies forrageiras, caracterizando momentaneamente uma descompactação do solo. Por outro lado, no SP PRV o tempo de repouso e a deposição de matéria orgânica ajudam a melhorar

Tabela 2: Análise Química do Solo de Macronutrientes e Micronutrientes, Densidade do Solo e Porosidade do Solo nos Sistemas de Pastagens Manejados sob Pastoreio Racional Voisin (SP PRV) e nos Sistemas de Pastagens Manejados de forma Convencional (SPC).

Análise do Solo	Sistemas de Pastagens convencionais		Sistemas de Pastagens em Pastoreio Racional Voisin	
	SPC1	SPC2	SP PRV 1	SP PRV 2
Macronutrientes				
% Argila m/v	43	35	38	26
pH-Água	5,3	5,2	5,5	5,9
Índice SMP	5,9	5,8	6,0	6,2
P mg/dm ³	3,5	4,4	7,7	3,6
K mg/dm ³	74	93,1	242,7	232,3
% M.O. m/v	2,1	3,4	2,6	2,9
Al cmolc/dm ³	0,1	0,2	0,0	0,0
Ca cmolc/dm ³	5,0	6,5	6,9	18,2
Mg cmolc/dm ³	1,7	2,8	1,3	4,4
H + Al cmolc/dm ³	4,89	5,49	4,36	3,47
CTC pH7.0	11,73	15,08	13,20	26,67
%Saturação Bases	58,34	63,57	66,95	86,25
Micronutrientes				
Zn mg/dm ³	8,0	9,1	14,0	5,9
Cu mg/dm ³	9,6	9,1	10,7	3,1
Mn mg/dm ³	>50,0	>50,0	>50,0	>50,0
Fe g/dm ³	1,2	1,7	1,4	0,8
Densidade do Solo				
Profundidade (cm)	g cm ⁻³			
Densidade do solo 0-5	1,27 a	1,31 a	1,30 a	1,25 a
Densidade do solo 10-15	1,24 ab	1,32 b	1,20 a	1,17 a
CV (%)**5,18				
Porosidade do Solo				
Profundidade (cm)	m ³ m ⁻³			
Porosidade do solo 0-5	0,533 a A	0,514 a A	0,512 b A	0,522 b A
Porosidade do solo 10-15	0,534 a AB	0,508 a B	0,567 a A	0,562 a A
CV (%)**5,07				

1 Laboratório de Análise de Solos, Integrante da Rede Oficial de Laboratórios de Análises de Solos e de Tecido Vegetal dos Estados do RS e SC - ROLAS, EPAGRI - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina.

LEGENDA: pH=potencial de hidrogênio, SMP=Shoemaker, Mac lean e Pratt, P=fósforo, K=potássio, M.O.=matéria orgânica, Al=alumínio, Ca=cálcio, Mg=magnésio, CTC=capacidade de troca de cátions. Zn = Zinco; Cu = Cobre; Mn = Manganês; Fe = Ferro. *Letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey (p< 0,05). **Coeficiente de Variação.

as condições para o desenvolvimento de raízes e aumentam atividade biológica, proporcionando assim uma melhora nas condições físicas do solo. Em contradição, Schaefer et al. (2012) encontraram diferenças nos valores de densidade do solo, que variaram entre 1,40 a 1,54 Mg m⁻³, na profundidade de 0 a 5cm em área de pastagens de tifton 85, quando comparado com área de amendoim forrageiro e o consórcio entre ambos, possivelmente por efeito das pressões causadas pelo pisoteio animal, já que a tifton apresenta poucos estolões que protegem o solo em comparação com o amendoim forrageiro.

Já na profundidade do solo de 10 a 15cm se verificou diferenças significativas para a densidade do solo, onde os sistemas SP PRV 2 e SP PRV 1 apresentaram os menores valores (1,17 g cm⁻³ e 1,20 g cm⁻³, respectivamente). No entanto, estes sistemas não diferiram do sistema SPC 1, que apresentou valor de 1,25 g cm⁻³. O sistema SPC 2 foi aquele que apresentou o maior valor de densidade do solo (1,32 g cm⁻³) de acordo com o teste de Tukey (p<0.05). Em estudo desenvolvido por Guariz et al. (2009), onde compararam áreas com pastagens com áreas de café e mata, foram detectados valores para densidade do solo de 1,22 g cm³, 1,18g cm³ e 0,92 g cm³, respectivamente. Os autores concluíram que a principal causa de aumento de densidade do solo em áreas com pastagens foi ocasionada pelo pisoteio de animais em pastejo, e ainda completaram que outra atribuição para o aumento da densidade do solo decorreu da redução do teor de matéria orgânica.

Embora o valor da densidade do solo tenha sido maior no SPC 2 (1,32g cm⁻³), este valor ainda não pode ser considerado restritivo para o desenvolvimento das culturas, pois o valor médio considerado crítico, que implica em restrição ao crescimento radicular em solos com textura média (20 a 55% de argila), é de 1,55 Mg m⁻³ (REICHERT et al., 2003). Contudo, se deve

acompanhar a sua evolução e manejar o solo e as pastagens para impedir um agravamento da compactação do solo. Santos et al. (2009) compararam a densidade do solo em áreas com capim quicuí, capim elefante, tifton 68 e Floresta Nativa, nas profundidades de 0-5cm e 10-15cm, e encontraram valores de 1,33 Mg m⁻³, 1,46 Mg m⁻³, 1,33 Mg m⁻³ e 1,09 Mg m⁻³, respectivamente e de 1,39 Mg m⁻³, 1,35 Mg m⁻³, 1,32 Mg m⁻³ e 1,23 Mg m⁻³, respectivamente, e assim concluíram que houve diferenças significativas apenas na camada superficial entre as áreas de pastagens em comparação com a Floresta Nativa e que o pisoteio animal promoveu o aumento da densidade. Contudo, de acordo com os autores, esses valores de densidade do solo ainda não são restritivos para o desenvolvimento da cultura em solos argilosos, com exceção do valor de 1,46 Mg m⁻³, para o capim elefante. Em contrapartida, no estudo desenvolvido por Collares et al. (2011), observaram que a compactação superficial foi ocasionada pelo pisoteio animal, onde na maioria das glebas avaliadas a densidade do solo foi superior a 1,45mg.m³, valor considerado restritivo para o desenvolvimento da maioria das culturas em solos argilosos. Com este aumento da densidade do solo também ocorre aumento da microporosidade e redução da macroporosidade e porosidade total, processos estes que ocasionam degradação da estrutura do solo. Os autores também concluíram que altos valores para a resistência à penetração foram encontrados na superfície e são explicados pelo aumento da compactação, consequência do aumento da densidade e redução da porosidade do solo.

A porosidade do solo não deferiu estatisticamente para a profundidade de 0 a 5cm nos diferentes sistemas de manejo, de acordo com teste de Tukey (p<0,05), conforme demonstrado na Tabela 2. Entretanto, na profundidade de 10 a 15cm os sistemas SP PRV 1 e SP PRV 2

apresentaram valores superiores ao sistema SPC 2, conforme teste de Tukey ($p < 0,05$).

Na análise da porosidade em função da profundidade do solo foram encontradas diferenças nos sistemas SP PRV 1 e SP PRV 2, com os maiores valores situados na camada de 10 a 15cm, e não houve diferenças significativas em função da profundidade entre os SPC 1 e SPC 2, de acordo com teste de Tukey ($p < 0,05$) (Tabela 02). Pignataro Netto et al. (2009) concluíram que a densidade do solo e a porosidade total foram mais afetadas na camada de 0 a 5cm em áreas com *Andropogon gayanus* velho (AV) e *Brachiaria brizantha* nova (BN), em comparação com *Andropogon gayanus* novo (NA), *Brachiaria decumbens* velha (BV) e cerrado nativo e salientaram que o sistema de manejo das áreas influenciou os atributos físicos do solo, especialmente na camada superficial, onde ocorre a maior pressão do pisoteio animal. Com o tempo, a degradação mecânica do solo leva à compactação, que é um dos fatores responsáveis pela perda de produtividade em áreas de pastagens.

Conclusões

Na análise individual dos indicadores, o SP PRV apresentou médias significativamente superiores para Estado dos resíduos orgânicos e Cor, odor e teor de matéria orgânica em relação ao SPC, enquanto na avaliação dos indicadores em conjunto o SP PRV apresentou médias superiores ao SPC.

A análise de agrupamento permitiu separar dos sistemas SP PRV e SPC, tanto na estação de verão como na de inverno, e demonstrou que os avaliadores tiveram sensibilidade semelhante ao ponderar os atributos avaliados em cada sistema.

O SP PRV também apresentou melhor desempenho que o SPC para as análises químicas do solo.

Para as análises de densidade e porosidade do

solo foram identificadas diferenças significativas na profundidade de 10 a 15cm, onde os sistemas sob SP PRV apresentaram menor valor de densidade e maior valor de porosidade em relação a um dos sistemas sob SPC.

A metodologia se mostrou adequada para as avaliações da qualidade do solo dos sistemas de pastagens, demonstrando que as avaliações quantitativas se inter-relacionam com as avaliações qualitativas e que os agricultores têm entendimento do estado dos seus sistemas produtivos.

Referências Bibliográficas

- ARAÚJO, R. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, n.5, p.1099-1108, 2007
- ALTIERI, M.A. & NICHOLLS, C.I. Un método agroecológico rápido para la evaluación de la sostenibilidad de cafetales. **Manejo Integrado de Plagas y Agroecología**, Costa Rica, n.64, p.17-24, 2002.
- ALTIERI, M. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. 3ª Edição, Editora Expressão Popular, AS-PTA, São Paulo, Rio de Janeiro, 400p., 2012.
- AUDEH, S.J.S. et al. Qualidade do solo: uma visão etnopedológica em propriedades agrícolas familiares produtoras de fumo orgânico. **Revista Brasileira de Agroecologia** v.6, n.3, p.34-48, 2011.
- BRAIDA J.A. et al. Matéria orgânica e seu efeito na física do solo. In: KLAUBERG FILHO, O. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Bras. Ci. do Solo, v.7. p.221-278, 2011.
- CARDOSO, I.M. O solo vive. **Revista Agrícolas, Experiências em Agroecologia**, v.4, n.3, 2008.
- CARTER, M.R. Soil Quality for Sustainable Land Management: Organic Matter and Aggregation Interactions that Maintain Soil Functions. **Agronomy Journal**, v.94, p.38-47, 2002.
- CASALINHO, H.D. et al. Qualidade do Solo como indicador de sustentabilidade de Agroecossistemas. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.13, n.2, p.195-203, 2007.
- CASTRO, N.E.A. et al. Plantas de cobertura no controle da erosão hídrica sob chuvas naturais. **Bioscience Journal**, v.27, n.5, p.775-785,

- 2011.
- COLLARES, G.L. et al. Compactação superficial de Latossolos sob integração lavoura – pecuária de leite no noroeste do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v.41, n.2, p.246-250, 2011.
- EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. Rio de Janeiro 212p., 1997.
- EPAGRI/CIRAM. **Zoneamento Agroecológico e socioeconômico do Estado de Santa Catarina**. Disponível em: <<http://www.ciram.epagri.sc.gov.br>>. Acesso em :14 mar. 2012.
- FERREIRA LOBO, J.M.. Indicadores de qualidade do solo e de sustentabilidade em cafeeiros arborizados. 2005. 90p. Dissertação – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas. Florianópolis, 2005.
- GUARIZ, H.R. et al. Diagnóstico das alterações físicas de um Latossolo Vermelho-Amarelo sob diferentes usos. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 4, n. 2, p.3240-3242, 2009.
- IBGE. Instituto brasileiro de geografia e estatística. **Censo Agropecuário, 2006**. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 17 Jul., 2012.
- IBGE. Instituto brasileiro de geografia e estatística. **Pesquisa Pecuária Municipal, 2010**. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 17 Jul., 2012.
- LAURINDO, M.C.O. Atributos físicos do solo e teor de carbono orgânico em sistemas de plantio direto e cultivo mínimo. **Engenharia na Agricultura**, v.17, n.5, p. 367-374, 2009.
- MACHADO, C.T.T.; VIDAL, M.C. **Avaliação participativa do manejo de agroecossistemas e capacitação em agroecologia utilizando indicadores de sustentabilidade de determinação rápida e fácil**. Documentos 173. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, 43p., 2006.
- MATOS FILHO, A. M. Agricultura orgânica sob a perspectiva da sustentabilidade: uma análise da região de Florianópolis SC-Brasil. 2004. 171p. Dissertação – Universidade Federal de Santa Catarina. Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Florianópolis. 2005.
- NALON, J.M.; OLIVEIRA, J.R.F. Avaliação do uso de pó de basalto e hiperfosfato de gafsa na cultura de milho em sucessão a coquetel de adubos verdes no município de Bituruna-PR. **Revista Brasileira de Agroecologia**. v. 4, n. 2, p.2282-2285, 2009
- OLANDA, G. B. et al. Determinação de percentagem de matéria orgânica do solo em silvopastoril, com bracinga, sob Pastoreio Racional Voisin. In: I Encontro pan-americano sobre manejo agroecológico de pastagens, Chapecó – SC, Brasil, 2011. **Revista Cadernos de Agroecologia**, v.6 n.1, 2011. Disponível em <<http://www.aba-agroecologia.org.br/ojs2/index.php/CAD/index>>. Acesso em 17 jul. 2012.
- PIGNATARO NETTO, I. T. et al. Atributos físicos e químicos de um latossolo vermelho-amarelo sob pastagens com diferentes históricos de uso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, n.5, p.1441-1448, 2009.
- PINHEIRO MACHADO, L. C. **Pastoreio racional voisin: tecnologia agroecológica para o 3º milênio**. 2ª edição, Editora Expressão Popular, São Paulo, 376p., 2010.
- REICHERT, J.M.et al. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Revista Ciência & Ambiente**, v. 27, n. 1, p. 29-48, 2003.
- SANTOS, G.A.S. Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais & subtropicais. In: BAYER, C.; MIELNICZUK, J. **Dinâmica e função da matéria orgânica**. Cap. 02, p. 7-16, 2008.
- SANTOS, H.P. et al. Atributos químicos e físicos de solo sob pastagens perenes de verão. **Bragantia**, v.68, n.4, p.1037-1046, 2009.
- SBCS-Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10ª Ed. Porto Alegre, 400p., 2004.
- SCHAEFER, P.E. et al. Atributos físicos e carbono orgânico do solo em sistemas forrageiros em cultivo singular ou em consórcio. **Enciclopédia Biosfera**, v.8, n.14; p. 97, 2012.
- TEDESCO, M.J. et al. **Análises do solo, plantas e outros materiais**. Porto alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 174p., 1995. (Boletim Técnico, 5).
- UBERTI, A.A.A. Santa Catarina: Proposta de divisão territorial em Regiões Edafomicroambientais Homogêneas. 185p. Tese de Doutorado– Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Florianópolis. 2005.
- VOISIN, A. **Produtividade do Pasto**. Tradução de Norma Barcellos Pinheiro Machado e Revisão de Luiz Carlos Pinheiro Machado. Ed. Mestre Jou,

São Paulo, 517p. 1974.

WENDLING, A. V. PRV aumenta a fertilidade do solo. In: I ENCONTRO PAN-AMERICANO SOBRE MANEJO AGROECOLÓGICO DE PASTAGENS, Chapecó - SC, Brasil, 2011. **Revista Cadernos de Agroecologia**, v.6 n.1, 2011. Disponível em <<http://www.abagroecologia.org.br/ojs2/index.php/CAD/index>>. Acesso em 17 jul. 2012.