



III Reunião Científica da Rede CTPetro Amazônia – Manaus, 4-5/11/2010.

O uso da cor do solo como indicador da recuperação dos teores de carbono orgânico no solo em áreas em restauração florestal na Província Petrolífera de Urucu, Coari – AM

Wenceslau Gerales Teixeira⁽¹⁾; **Rodrigo Santana Macedo**⁽²⁾; **Omar Cubas Encinas**⁽³⁾; **Gilvan Coimbra Martins**⁽⁵⁾; **Luiz Marcelo Brum Rossi**⁽⁵⁾

(1) Pesquisador da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ, wenceslau@cnpq.embrapa.br; (2) Doutorando do PPG em Solos e Nutrição de Plantas, ESALQ, Piracicaba, SP, macedo.rs@usp.br; (3) Mestrando do PPG em Agronomia no Trópico Úmido, INPA, Manaus, AM, o_cubas@hotmail.com; (5) Pesquisadores da Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM, gilvan.martins@cpaa.embrapa.br; marcelo.rossi@cpaa.embrapa.br.

RESUMO – A cor do solo é uma importante propriedade morfológica do solo sendo facilmente determinada no campo ou no laboratório. A cor do solo reflete basicamente a quantidade e forma dos óxidos de ferro e manganês e conteúdo de matéria orgânica no solo. A determinação das cores dos horizontes superficiais em áreas alteradas em comparação com as cores do solo apresentadas no ambiente original permite de uma maneira rápida verificar a recuperação dos teores de matéria orgânica, problemas de deficiência de drenagem (ambientes redutores e oxidantes) e intensidade da atividade biológica no solo. O objetivo deste trabalho foi determinar e interpretar as cores de amostras superficiais do solo em clareiras de diferentes idades e comparar com áreas sob vegetação de floresta primária na proximidades do rio Urucu, Coari – AM. A cor do solo foi determinada utilizando o sistema de Munsell, sendo as cores descritas em função do valor do croma, valor e intensidade. Os resultados mostraram que a(s) cor(es) do solo é um parâmetro de fácil determinação dando boas indicações quanto aos processos de recuperação dos teores de carbono orgânico na superfície. A presença de ambientes redutores (encharcamento) é indicada pela presença de mosqueados. A presença de cores esbranquiçadas nas camadas

superficiais durante o período seco e chuvoso indica a presença de ambientes hidromórficos onde grande parte do ferro já foi removido destas camadas. O estudos da nitidez das bordas e contrastes da cores das manchas dos mosqueados e variegados pode ser um bom indicador da recuperação da atividade biológica nas áreas alteradas.

PALAVRAS-CHAVE – Urucu, áreas degradadas, exploração petrolífera.

INTRODUÇÃO – A cor dos horizontes dos solos é considerada como uma importante propriedade morfológica do solo que permite caracterizar e diferenciar solos e horizontes, sendo uma propriedade de fácil determinação, rápida e de baixo custos e indicadora de processos geoquímicos que ocorrem (ou ocorreram) no solo.

A cor do solo reflete características mineralógicas e conteúdo de matéria orgânica e reflete a história biogeoquímica específica do local analisado (Fernandes et al., 2004). Dado isto, a cor do solo assume grande importância na interpretação da gênese dos solos, na sua classificação e na avaliação das suas potencialidades agrícolas, sendo resultado da composição e teor da matéria orgânica, bem como da sua assembleia mineralógica. A cor do solo é função, principalmente, da presença de óxidos de ferro (Fe) e matéria orgânica,

além de outros fatores, tais como: a umidade e a distribuição do tamanho de partículas (Fernandez e Schulze, 1992). A sua determinação é realizada por comparação com cores padronizadas, deve ser efetuada preferencialmente com as amostras úmidas uma vez que o teor de água influencia a cor do solo. A cor de um dado horizonte ou camada pode ser relativamente uniforme ou, apresentar padrões mosqueados ou variegados de diferentes cores, sendo então necessário especificar a cor da massa dominante, e designar a cor ou cores das manchas, tamanho, nitidez e contraste das bordas das principais manchas de cores. A cor do solo é determinada em campo pela comparação visual de amostras secas e úmidas utilizando-se a carta de Munsell (Munsell, 2000) para solos, observando-se o matiz (nome da cor), o valor (brilho ou tonalidade) e o croma (intensidade ou pureza da cor em relação ao cinza). O sistema Munsell é baseado na percepção visual, sendo utilizado mundialmente devido a sua fácil e rápida aplicação em trabalhos de campo. A determinação das cores dos horizontes superficiais em áreas alteradas em comparação com as cores do solo apresentadas no ambiente original permite de uma maneira rápida verificar a recuperação dos teores de matéria orgânica, problemas de deficiência de drenagem (ambientes redutores e oxidantes) e intensidade da atividade biológica no solo. O objetivo deste trabalho foi determinar e interpretar as cores de amostras superficiais do solo em clareiras de diferentes idades e comparar com áreas sob vegetação de floresta primária na proximidades do rio Urucu, Coari - AM.

MATERIAL E MÉTODOS – A pesquisa foi conduzida na Base de Operações Geólogo Pedro de Moura (BOGPM), município de Coari, AM. Foram descritas cores do diferentes horizontes das classes de solo predominantes na região sob vegetação natural e também foram coletadas amostras de solo em triplicata em

cilindros com volume de 100 cm³, na profundidades de 0-5 cm em áreas alteradas com diferentes idades de reflorestamento. As áreas alteradas, denominadas de jazidas e clareiras, foram criadas na sua maioria para extração de material do solo e foram reflorestadas em diferentes anos. Os horizontes expostos atualmente na superfície do solo são originalmente os horizontes subsuperficiais. Nas clareiras as cor(es) das amostras foram determinadas pelo sistema de Munsell (Figura 1) em ambas as extremidades do cilindro (superior e inferior) que representavam basicamente a cor na superfície a cinco centímetros de profundidade.

Os nomes das cores são representados pela primeira letra da designação inglesa da cor: R = red = vermelho; YR = yellow red = vermelho-amarelo (alaranjado) e Y = yellow = amarelo. Entre o vermelho (R) e o amarelo (YR) são marcadas oito divisões. Cores intermediárias entre estas duas ocorre o YR representando 50% de Y e 50% de R. A subdivisão destes intervalos são apresentados conforme a Tabela 1.

A anotação consiste em especificar a cor da seguinte forma: a) o matiz (nome da cor) vem assinalado no topo e à direita de cada página; b) o valor (tonalidade) é indicado no sentido vertical por números de 0 a 10, correspondendo respectivamente, ao preto e ao branco absoluto; c) o croma (intensidade) representa diferentes proporções de cinza e varia no sentido horizontal em números de 0 a 8 (Figura 1). A cores neutras são representadas apenas pelo valor, que se segue ao nome da cor, que é N. Quando ocorre a presença de mosqueados (manchas de outra(s) cor(es) no solo), determina-se a cor predominante do matiz e as cores que constituem o mosqueado, estimando-se a quantidade das manchas (poucas, comuns e abundantes), o tamanho (pequenas, médias e grandes), o contraste (difuso, distinto e proeminente) e a transição entre as manchas (abrupta, clara e difusa). Detalhes da descrição das cores

são descritas por Lemos; Santos (2005). Adicionalmente as amostras foram analisadas no Laboratório de Física do Solo, EMBRAPA – CPAA, onde foram determinadas propriedades químicas e físicas das amostras. Neste trabalho são apresentados alguns dados do conteúdo de carbono no solo, determinado pelo método de Walkley – Black (Embrapa, 1997).

RESULTADOS E DISCUSSÃO – A camada superficial do solo, e em alguns casos, as camadas subsuperficiais, apresentam uma coloração mais escura devido geralmente ao maior aporte de matéria orgânica. A camada superficial do solo apresenta tonalidades mais escuras (10YR 4/4 – bruno-amarelado-escuro, 10YR 5/4 – bruno-amarelado e 7,5YR 4/6 e 5/8 – bruno-forte) devido ao aporte de carbono orgânico presente na matéria orgânica. Camadas de solo com menores teores de carbono apresentam geralmente cores mais claras com maiores valores de matizes e baixos cromas. Avaliações da cor do solo podem indicar áreas que apresentam recuperação dos teores de matéria orgânica devido ao reflorestamento, visto que, essas áreas sofreram remoção da camada superficial durante obras civis para a abertura de estradas. As cores vermelhas e amarelas são atribuídas a presença de óxidos de ferro, onde as cores vermelhas dependem principalmente do conteúdo de sesquióxidos e óxidos de ferro não-hidratados, principalmente da hematita, enquanto que as cores amarelas ou cinza-amareladas dependem do teor de óxidos hidratados - goethita. De um modo geral, o solo é tanto mais avermelhado quanto mais compostos de ferro não-hidratados estiverem presentes. Num mesmo ambiente e com os mesmo teores de ferro, solos mais avermelhados indicam ambientes mais bem aerados. Nas condições da bacia do rio Urucu a presença de horizontes mais avermelhados no solo, indica um maior concentração de ferro. A presença dos mosqueados com características avermelhadas e amareladas em superfície, é

indicativo da presença de má drenagem durante pelo menos uma época do ano, seja essa por deficiência de infiltração da água pluvial, ascensão do lençol freático ou locais periodicamente inundados por transbordo dos cursos de água. Tais condições podem ser ainda, indicadores de áreas alteradas devido a remoção da camada superficial do solo que revolve os horizontes do solo expondo a subsuperfície, que apresenta características desferrificadas pela ascensão do lençol freático em condições naturais. As cores apresentadas pelos compostos de ferro (vermelho e amarelo) podem dar seguras indicações sobre o grau de drenagem, as cores vermelhas indicam boa oxidação e boa drenagem, enquanto que as cores cinzentas ou cinza-azuladas, ao contrário, indicam condições redutoras e drenagem pobre. Em áreas onde o ambiente é redutor, geralmente causado pela ausência de oxigênio, o íons de ferro (Fe^{3+}) deixa de influenciar com suas cores vermelhas e/ou amarelas por se tornar reduzido (Fe^{2+}), imprimindo ao solo cores esbranquiçadas indicando a presença de ambiente hidromórfico, onde grande parte do ferro ou está reduzido ou já foi removido do ambiente. As cores acinzentadas (gleisadas) são típicas de áreas mais rebaixadas próximas à rede de drenagem (Macedo, *et al.*, 2006) e na BGOPM de alguns Gleissolos Háplicos, com caracter epiáquico (stagnic). Os solos das clareiras no Urucu em sua grande maioria apresentam coloração vermelho-amareladas (5YR 4/6), com o predomínio de mosqueado de cor bruno-forte que variam entre 7,5 YR 5/8 e 5/6 (Tabela 2). A presença de mosqueados na camada superficial do solo é explicado pelo fato desta camada não ser o horizonte A original do solo, onde não se observa padrões de mosqueado. A presença de mosqueados aparece nos perfis sob floresta a partir de 0,50 – 0,60 cm, sendo bem distinto a partir de 1,20 m. Em muitas das áreas estudadas (ex. Jazidas 79, 21, 18) o horizontes de solo que se encontra na superfície atualmente é um dos horizontes subsuperficiais do solo

original (Figura 1). A reposição do solo das camadas superficiais ao final dos trabalhos nas jazidas aparentemente foi pouco efetiva tendo esta camada sido provavelmente removida pelo escorrimento superficial da água - erosão hídrica (veja Arruda, 2005, Teixeira *et. al*, 2007). Este processo é bem evidenciado na Jazida 79, onde a cor predominante do solo apresenta-se avermelhada com mosqueados de colorações mais amareladas e esbranquiçadas, evidenciando uma clara herança do horizonte C parcialmente desferrificado pela ascensão do lençol freático nas condições originais. A presença de mosqueados também é uma clara indicação de uma má drenagem (imperfeitamente drenado, mal drenado e muito mal drenado) durante pelo menos uma época do ano. Nas áreas de floresta nativa a camada superficial do solo (Horizonte A) apresenta em sua maioria a cor bruno-amarelado-escuro (10YR 4/4 e 4/6), o que pode ser observado no RUC 05 (10YR 4/8 – bruno amarelado-escuro), que já apresenta coloração semelhante indicando recuperação nos teores de matéria orgânica, esta área foi reflorestada em 1991 e apresenta uma boa cobertura vegetal com bom aporte de liteira. Na comparação das cores na superfície (0 cm) com as cores a 5 cm de profundidade observa-se que nas áreas de reflorestamento mais antigo (RUC 05, Jazidas 18 e 20) há uma maior uniformidade nas cores superficiais, enquanto nas áreas mais jovens (Jazidas 21 e 79) ainda é frequente a presença de mosqueados (Tabela 2). Os mosqueados estão presentes na maioria das

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arruda, W. da C. 2005. Estimativa dos processos erosivos na Base de Operações Geólogo Pedro de Moura Urucu – Coari – AM. UFAM, 80 p. (Dissertação de Mestrado).

Encimas, O. C.; Teixeira, W. G.; Martins, G. C.; Macedo, R. S.; Cruz, M. E. G. D.; Quaresma, C. C. Caracterização morfológica de alguns perfis na Província

amostras (Tabela 2) das áreas estudadas a partir de 5 cm de profundidade sendo comuns quanto à abundância e apresentam tamanho pequeno a médio de cores distintas com as bordas claramente definidas. As bordas das manchas claramente definidas indica ainda uma baixa pedoturbação que com o aumento da intensidade acaba por homogeneizar estas manchas levando a um predomínio de bordas difusas. A espessura da transição entre o horizonte superficial do solo (A) e subsuperficial (B, C, E) apresenta geralmente uma relação direta com a intensidade da atividade microbiológica (pedoturbação). A presença de transição abrupta entre os horizontes A e o subjacente pode indicar o aporte de matéria orgânica mas uma baixa atividade biológica. A cor do solo é um parâmetro de fácil determinação dando boas indicações quanto aos processos de recuperação dos teores de carbono orgânico na superfície. A presença de ambientes redutores (encharcamento) é indicada pela presença de mosqueados. A presença de cores esbranquiçadas nas camadas superficiais durante o período seco e chuvoso indica a presença de ambientes hidromórficos onde grande parte do ferro já foi removido destas camadas. O estudos da nitidez das bordas e contrastes da cores das manchas dos mosqueados e variegados e também da espessura da transição entre os horizontes do solo pode ser um bom indicador da recuperação da atividade biológica nas áreas alteradas.

Petrolífera de Urucu, Coari-AM., In: *Seminário de pós-graduação na embrapa amazônia ocidental*, 2008, Manaus. Integrando esforços para o desenvolvimento da Amazônia. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2008. p. 76-79. Tipo: PL, 2008.

Fernandes, R. B. A., Barron, V., Torrent, J. *et al*. Quantificação de óxidos de ferro de Latossolos brasileiros por espectroscopia de refletância difusa. *Rev.*

Bras. Ciência. Solo, Mar./Apr. 2004, vol.28, no.2, p.245-257.

Lemos, R. C. de; Santos, R. D. dos. 1996. *Manual de descrição e coleta no campo*. 3. ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; Rio de Janeiro, 83 p.

Macedo, R. S.; Teixeira, W. G.; Martins, G. C.; Encinas, O. C. Resistência à penetração em clareiras com diferentes idades de reflorestamento na província petrolífera de Urucu, Coari - AM. In: BALENSIEFER, M., Simpósio Nacional Recuperação de áreas Degradadas, 2008. Curitiba. VII: SOBRADE.

Macedo, R. S.; Teixeira, W. G.; Martins, G. C.; Rodrigues, M. D. R. L. Caracterização química e física da camada superficial do solo em clareiras com diferentes idades de revegetação na Província Petrolífera de Urucu, Coari-AM. REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 2008. Rio de Janeiro. XVII: SBCS: Embrapa Solos: Embrapa Agrobiologia. p.1.

Macedo, R. S.; Teixeira, W. G.; Martins, G. C.; Souza, A. C. G. D.; Encinas, O. C. CLASSIFICAÇÃO DE ALGUNS PERFIS DE SOLOS NA PROVÍNCIA PETROLÍFERA DE URUCU, COARI - AM Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência - SBPC, 2009. Manaus. SBPC - UFAM.

Martins, G. C.; Macedo, R. S.; Encinas, O. C.; Teixeira, W. G. Monitoramento da recuperação de clareiras de diferentes idades de revegetação por meio da resistência à penetração de raízes na base petrolífera de Urucu, Coari - AM. In: BALENSIEFER, M., Simpósio Nacional Recuperação de Áreas Degradadas, 2008. Curitiba. VII: SOBRADE.

Souza, A. C. G. D.; Martins, G. C.; Teixeira, W. G.; Macedo, R. S.; Encinas, O. C. Atributos químicos do solo sob floresta primária e em áreas com diferentes idades de reflorestamento na Província Petrolífera de Urucu, Coari - AM. Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência - SBPC, 2009. Manaus. SBPC - UFAM.

Teixeira, W. G.; Martins, G. C.; Macedo, R. S. A qualidade física do solo como indicador da recuperação de áreas alteradas na base geólogo Pedro de Moura - Coari, AM. II Workshop de Avaliação Técnica e Científica - Rede CTPETRO Amazônia, 2006. Manaus, AM. CTPETRO Amazônia. p.1-4.

Teixeira, W. G., Martins, G. C., *et al.* A qualidade física do solo como indicador da recuperação de áreas alteradas na Base Geólogo Pedro de Moura - Coari - AM. II Workshop de Avaliação Técnica e Científica - Rede CTPETRO Amazônia. Manaus, 2006. 1-4 p.

Teixeira, G. W.; Martins, G. C.; Macedo, R. S.; Rodrigues, M. D. R. L. Parâmetros físicos e hídricos para monitoramento de recuperação de uma área degradada pela retirada dos horizontes superficiais na Província Petrolífera de Urucu - AM. Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2007. Gramado. XXXII: UFRGS - SBCS.

Munsell company. Munsell soil color charts. Munsell. New York, 2000.

Tabela 1. Divisão por cores das anotações do sistema de Munsell.

Cores Vermelhas		Cores Vermelho-amarelas		Cores Amarelas		
5R	7,5R	2,5R	5YR	7,5YR	2,5 Y	5Y 7,5 Y
10R		10YR		10Y		

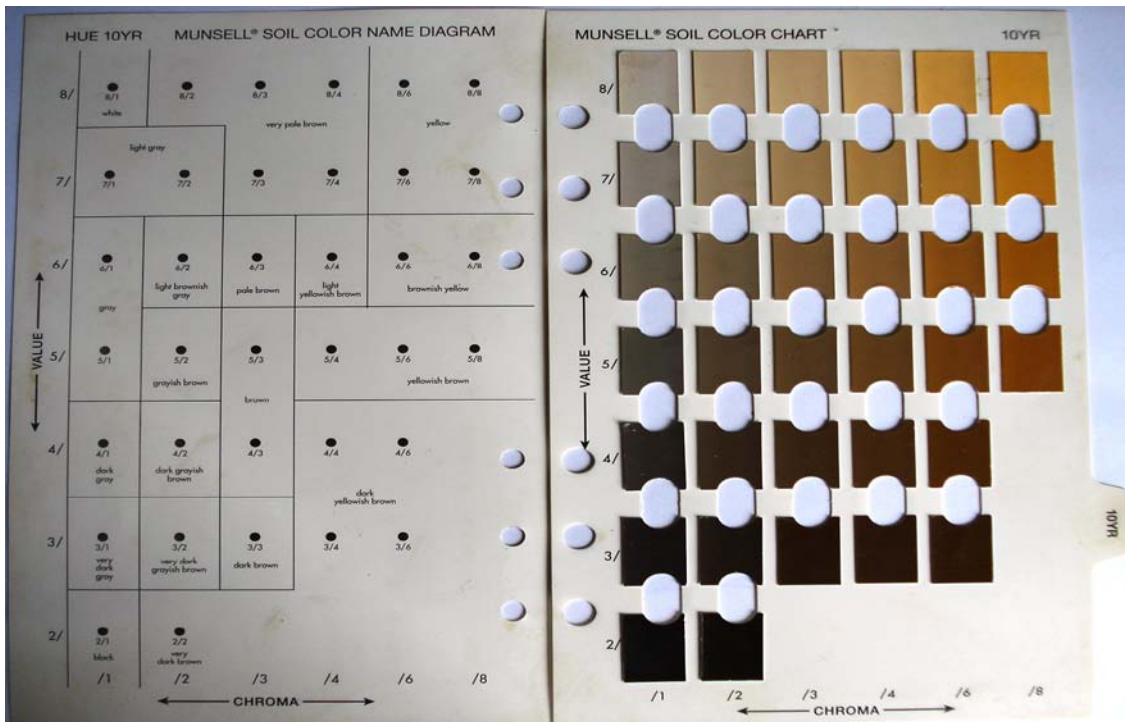


Figura 1. Carta de cores de Munsell empregada em estudos de solo



Figura 2 - **A.** Foto de um perfil em área de floresta primaria onde se verifica os horizontes mais escuros próximo da superfície e a presença de mosqueados de colorações esbranquiçadas nas camadas mais profundas. **Figura B.** Perfil de um Gleissolo mostrando cores acinzentadas indicando a presença de ambientes hidromórficos onde grande parte do ferro foi removido (desferrificação). **Figura C.** Cilindro coletado na superfície da Jazida 79, mostrando mosqueado de cores avermelhada-amareladas uma herança do horizonte C original do solo do local e indicando solo com problemas de drenagem. **Figura D.** Abertura de covas de plantio para revegetação (Jazida 79) no horizonte C do solo original exposto na superfície do solo.

Tabela 2. Cor dos solos em horizontes superficiais em clareiras de diferentes idades no Urucu, Coari – AM

Local	Cor						C org %
	Cor	Mosquea	Quantida	TamANH	Contraste	Borda	
LUC 27 (12 anos)							
Superior	2,5YR	2,5YR 4/6	pouco	pequeno	distinto	claro	2,84
Inferior	2,5YR	10YR 8/4				difuso	
Jaz 48 (8 anos)							
Superior	2,5YR 4/6	7,5YR 3/2 7,5YR 7/6	comum	pequeno	distinto	claro	3,94
Inferior	2,5YR 4/6	7,5YR 7/8 7,5YR 8/2	comum			comum	
Jaz 28 (9 anos)							
Superior	10R 4/6	10YR 8/2	comum	pequeno	distinto	difuso	4,15
Inferior	7,5R 4/6	10YR 8/1	abundante	médio	proeminen		
Jaz 6 (15 anos)							
Superior	10YR	10YR 8/3	comum	médio	distinto	difuso	5,72
Inferior	10YR	2,5YR 5/8	pouco	pequeno			
LUC 28 (9 anos)							
Superior	7,5YR	5YR 5/8	pouco	pequeno	distinto	difuso	5,76
Inferior	5YR 5/8	2,5YR 4/8 10YR 6/8	comum	médio		claro	
Jaz 47 (8 anos)							
Superior	7,5YR	7,5YR 5/6	comum	médio	distinto	difuso	6,01
Inferior	5YR 5/6	7,5YR 5/4					
Jaz 68 (6 anos)							
Superior	7,5YR	7,5YR 4/2	pouco	pequeno	proeminen	claro	7,59
Inferior	10R 5/6	7,5YR 6/8			te		
Jaz 25 (7 anos)							
Superior	10YR	10YR 6/6	pouco	pequeno	distinto	claro	8,56
Inferior	10YR	10YR 7/8	comum				
LUC-31H (10 anos)							
Superior	7,5YR	7,5YR 4/3	comum	médio	distinto	difuso	9,87
Inferior	5YR 5/6	7,5YR 5/8	pouco			claro	
Jaz 33 (7 anos)							
Superior	7,5YR	7,5YR 3/2	abundante	médio	distinto	claro	9,96
Inferior	7,5YR	-	-	-			
RUC 01 (17 anos)							
Superior	7,5YR	7,5YR 4/2	comum	médio	distinto	claro	12,70
Inferior	7,5YR	7,5YR 4/2	abundante				
LUC 05 (12 anos)							
Superior	7,5YR	-	-	-	-	-	13,84
Inferior	2,5YR	7,5YR 4/3	comum	pequeno	distinto	claro	
Jaz 16 (6 anos)							
Superior	7,5YR	7,5YR 3/2	pouco	pequeno	distinto	claro	17,08
Inferior	10YR	5YR 4/6				difuso	
RUC 05 (6 anos)							
Superior	7,5YR	10YR 8/3	comum	médio	distinto	claro	17,15
Inferior	10YR	10YR 6/6	pouco	pequeno		difuso	
Jaz 71 (9 anos)							
Superior	7,5YR	-	-	-	-	-	17,50
Inferior	7,5YR	7,5YR 8/6	pouco	pequeno	distinto	claro	

Fontes: Teixeira *et al.* (2006, 2007); Macedo *et al.* (2006, 2007, 2008); Martins *et al.* (2008); Encimas *et al.* (2008)