

# ANÁLISE ISOTÓPICA ( $\delta^{13}\text{C}$ ) DE UM CAMBISSOLO HÚMICO EM ABELARDO LUZ-SC

*$\delta^{13}\text{C}$  Analysis of a Humic Inceptsoil in Abelardo Luz – SC*

**Paula L. L. Felipe\***  
**Fernanda A. Cecchet\***  
**Marcia R. Calegari\*\***  
**Luiz C. R. Pessenda\*\*\***

**\*Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE**

**Núcleo de Estudos (Paleo) ambientais (NEPA)**

R. Maringá, 1200 – Bairro Vila Nova – Campus Francisco Beltrão, Paraná, Brasil – CEP: 85605-010  
paulinha0508@hotmail.com

**\*\*Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE**

**Núcleo de Estudos (Paleo) ambientais (NEPA)**

R. Pernambuco, 1777 – Caixa Postal 91 – Centro – Campus Marechal Cdo. Rondon, Paraná, Brasil – CEP: 85960-000  
marcia.calegari@unioeste.br

**\*\*\*Universidade de São Paulo - USP**

**Laboratório  $^{14}\text{C}$ , Centro de Energia Nuclear de Agricultura - CENA**

Avenida Centenário, 303 – Bairro São Dimas – Piracicaba, São Paulo, Brasil – CEP: 13400-000  
pessenda@cena.usp.br

## RESUMO

No período Quaternário, o Sul do Brasil passou por instabilidades paleoclimáticas que geraram mudanças nas paisagens. Estudos pedológicos, sedimentológicos e de reconstrução paleoambiental têm sido desenvolvidos pelo grupo Gênese e Evolução de Superfícies Geomórficas e Formações Superficiais (UNIOESTE-FB) para investigar a hipótese da influência paleoclimática na configuração da paisagem do Sudoeste do Paraná e Noroeste de Santa Catarina. Visando contribuir com estes estudos, objetiva-se especificamente investigar possíveis mudanças na comunidade de plantas que compunha a paleovegetação da região. Para isso são empregadas análises isotópicas ( $\delta^{13}\text{C}$  da matéria orgânica do solo e datação  $^{14}\text{C}$  da fração húmica) e pedológicas. As análises físicas e químicas de solo permitiram caracterizar e classificar o solo estudado como um Cambissolo húmico. Os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  da MOS variam de -16,23‰ a -23,61‰. Assim é possível inferir que este solo registra uma fase em que a vegetação era formada por uma comunidade predominantemente de plantas  $\text{C}_4$  (vegetação mais aberta que atual), possivelmente no Holoceno Médio (6.235-6.215 anos Cal. AP), evoluindo para uma vegetação mista, mais florestada e semelhante a atual, composta predominantemente por plantas  $\text{C}_3$  no Holoceno Tardio (de 840 e 835 anos cal. A.P) que evoluiu para a atual Floresta Ombrófila Mista.

**Palavras-chave:** Quaternário. Reconstrução Paleoambiental. Análise isotópica. Datação  $^{14}\text{C}$ .

## ABSTRACT

During the Quaternary period, the Southern Brazil recorded paleoclimatic instability that generated changes over the landscapes. Pedological, sedimentological and paleoenvironmental reconstruction studies have been developed by the Genesis and Evolution of Geomorphic Surfaces and Superficial Formations group (GEFGSF-UNIOESTE-FB) to investigate the hypothesis of the paleoclimatic influence on the landscape of the Southwestern Paraná and Northwestern Santa Catarina. Aiming to contribute with these studies, the contribution of this paper is to investigate possible changes in the community of plants, which composed the paleovegetation of the region. To reach this objective, it has been employed pedologic and isotopic analyses ( $\delta^{13}\text{C}$  of soil organic matter and  $^{14}\text{C}$  dating of the humin fraction). The physical and chemical soil analyses allowed to characterize the studied soil as Humic Inceptsoil. The values of  $\delta^{13}\text{C}$

from the soil organic matter varied from -16.23‰ to -23.61‰. Thus, it is possible to infer that this soil recorded a in the Mid-Holocene (6235-6215 calyr BP) a period in which the vegetation was constituted predominantly by C<sub>4</sub> plant community (more open vegetation than the current one From the late Holocene (ca.840 calyr BP) a mix of vegetation (herbs and trees), similar to the current one and composed predominantly by C<sub>3</sub> plants evolved to the modern Mixed Ombrophilous Forest.

**Keywords:** Quaternary. Paleoenvironmental reconstruction. Isotopic analysis. <sup>14</sup>C Dating.

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta um quadro variado de distribuição dos atuais biomas que reflete a instabilidade climática e da paisagem durante o Quaternário. Para Ab'Sáber (1961) é possível afirmar que todos os biomas relacionados ao quadro atual da vegetação inter e subtropical brasileira devem ter sido elaborados na passagem do Terciário para o Quaternário. Estudos com emprego de microfósseis, microrrestos, datação <sup>14</sup>C, análises isotópicas e palinológicas em solos e em sedimentos têm sido usados para investigação dessa instabilidade no passado brasileiro (p.ex., LEDRU et al., 1998; DE OLIVEIRA, 1992; BEHLING, 1995; 1997 2002; BEHLING; LICHTER, 1997; PESSEDA et al., 1996; BARBERI, 2001)

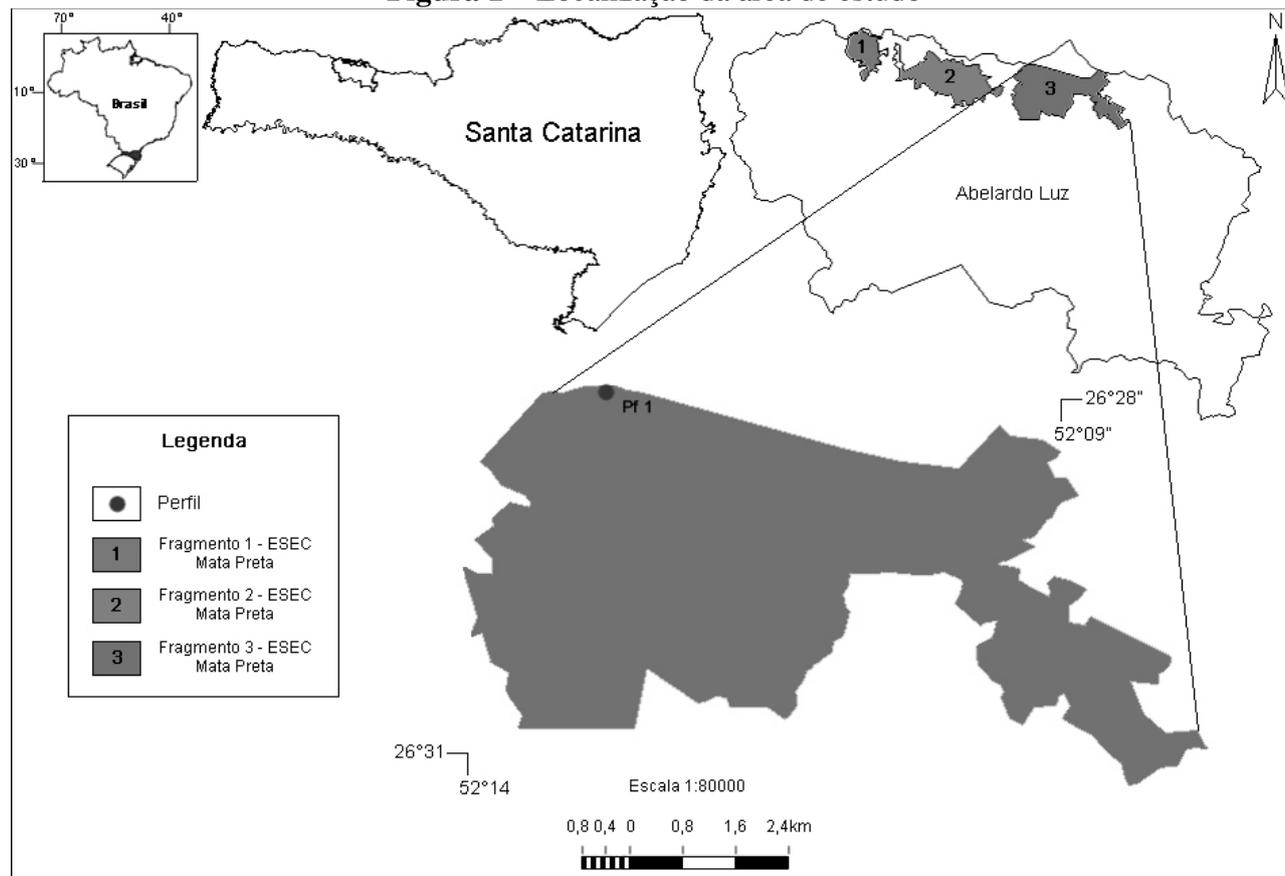
No Paraná, algumas paisagens, sobretudo aquelas da parte oriental do Estado, onde ocorre a mata de Araucária e os campos, foram investigadas por meio desses *proxies* (BEHLING, 1995; PESSEDA et al., 2014, entre outros). Na parte ocidental do estado, em especial nas regiões Oeste e Sudoeste, pouco foi estudado no que se refere às condições climáticas ao longo da evolução de suas paisagens, por vezes tão singulares. Estudos realizados no sudoeste do Paraná e noroeste de Santa Catarina pelo grupo de pesquisa Gênese e evolução de Superfícies Geomórficas e de Formações Superficiais da UNIOESTE (GEFGSF-UNIOESTE) constataram que as áreas de topo dessas regiões se ordenam em escadaria de Leste para Oeste e representam remanescentes de oito superfícies incompletamente aplainadas (PAISANI et al., 2008). Aventa-se a hipótese da influência paleoclimática na configuração das paisagens dessas superfícies. A partir dessa hipótese, um conjunto de técnicas e procedimentos foi adotado e vem sendo aplicado em estudos pedológicos, sedimentológicos e de reconstrução paleoambiental nessas superfícies (PAISANI et al., 2006; 2008; 2013; 2014; PONTELLI; PAISANI, 2008; GUERRA & PAISANI, 2014; PAISANI; GEREMIA, 2010; PONTELLI et al., 2011).

No presente trabalho, que é parte de um projeto maior que vem sendo desenvolvido pelo GEFGSF-UNIOESTE/FB, são apresentados dados isotópicos ( $\delta^{13}\text{C}$ ) e idades <sup>14</sup>C de um perfil de solo coletado no Fragmento 3 da Estação Ecológica Mata Preta – ESEC Mata Preta, representativo da Superfície incompletamente aplainada V, em Abelardo Luz (SC). O objetivo deste trabalho foi avaliar eventuais mudanças de vegetação, com inferências climáticas, que ocorreram durante o Holoceno na região dessa superfície.

## 2 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada no interior da Estação Ecológica Mata Preta – ESEC Mata Preta (Autorização SISBIO No.41601-1) no município de Abelardo Luz, noroeste do estado de Santa Catarina (Figura 1). Ao norte, a ESEC limita-se com os municípios de Palmas e Clevelândia, no Paraná e é formada por três fragmentos muito próximos e com grande possibilidade de conexão. O perfil estudado situa-se no divisor de água dentro do Fragmento 3.

A ESEC Mata Preta possui 6.563 hectares, é formada por Floresta de Araucária em diferentes estágios de conservação, foi criada visando preservar os ecossistemas naturais remanescentes da Floresta Ombrófila Mista, realizar pesquisas científicas e desenvolver atividades com vistas à educação ambiental (PROCHNOW, 2009).

**Figura 1 – Localização da área de estudo**

Elaborado por: Ewald, K. H.(2014)

O substrato geológico regional é formado por rochas basálticas Mesozóicas (SCHEIBE, 1986) da Formação Serra Geral. Esta Formação é composta por sequência de derrames de lavas basálticas, lentes e camadas arenosas e ocorre de forma generalizada na Bacia do Paraná, resultado do intenso vulcanismo de fissura (SCHNEIDER et al., 1974). A sequência básica é representada por basaltos e fenobasaltos e a sequência ácida, que ocorre em direção ao topo do pacote vulcânico, é representada por riolitos, riolacitos e dacitos (SANTA CATARINA, 1991). Na área de estudo há ocorrência de rochas efusivas da sequência básica da Formação Serra Geral (SARTORI et al., 1982; SANTA CATARINA, 1991).

Geomorfologicamente a área está inserida no Planalto Meridional (AB'SÁBER, 1964). De acordo com a subdivisão geomorfológica proposta por Paisani et al. (2008), a área da ESEC encontra-se na Superfície V – 1º Superfícies Interplanálticas de Clevelândia, Honório Serpa, Mangueirinha, Candói e Guarapuava. As cotas altimétricas dessa superfície estão entre 901 a 1.000 metros.

O relevo da área da ESEC varia de suave ondulado à ondulado e apresenta em sua maior parte, declividades moderadas (entre 5% e 10%), a exceção do setor norte da ESEC, onde predominam declividades superiores a 25%. Dentro do Fragmento 3 existe um lago artificial e vários cursos d'água pequenos (até 3º ordem) tributários do Rio Chapecó que pertence a região hidrográfica do Meio Oeste que integra a bacia do rio Uruguai (MACHADO, 2013).

Os solos predominantes na região de Abelardo Luz e na ESEC são Latossolos, Cambissolos e Neossolos Litólicos, comumente com horizonte superficial húmico (EMBRAPA, 2004).

A ESEC constitui um remanescente da Floresta Ombrófila Mista com Araucária (Floresta de Araucária) em diferentes estágios de conservação (PROCHNOW, 2009). A Floresta de araucárias representa um tipo florestal da Mata Atlântica. Apresenta como principal característica

ter a espécie arbórea *Araucaria angustifolia* que é um pinheiro (gimnosperma), como espécie dominante sobre as demais árvores, que são angiospermas. Os indivíduos de *Araucaria angustifolia*, que ultrapassam o dossel, comportando-se como espécie emergente (JARENKOW; BUDKE, 2009). Na Floresta de Araucária a *Araucaria angustifolia* comumente está associada a outros gêneros como *Podocarpus*, *Illex* e *Ocotea* (MAACK, 1981).

No Fragmento 3 da ESEC, à jusante do local onde o perfil de solos foi amostrado, verifica-se a existência de algumas clareiras de origem antrópica em meio à Floresta de Araucária. Atualmente, nestas clareiras a vegetação está se regenerando naturalmente, e embora já tenha sido iniciado, o processo de recuperação da Floresta é bastante lento. Estes locais foram evitados durante a amostragem.

O clima, de acordo com a classificação de Köppen é o Cfb – Clima Temperado, Mesotérmico Úmido com verão ameno (SANTA CATARINA, 2001). A temperatura média do mês mais quente é inferior a 22°C e a do mês mais frio inferior a 18°C (2014). As chuvas são bem distribuídas, com média anual de pluviosidade de 2.216 mm., sem estação seca definida (QUADRO et al., 2009).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Descrição e coleta de solos

A descrição e coleta do solo foram realizadas conforme critérios apresentados em Santos et al. (2013). A coleta de solo foi feita por horizonte em um perfil de alteração de 140 cm de profundidade, para fins de caracterização e classificação, e em intervalos de 10 cm, do topo até a base do perfil, para a análise isotópica do carbono ( $\delta^{13}\text{C}$ ) Para datação  $^{14}\text{C}$ , considerando a profundidade do perfil, foram coletados cerca de 2 kg de solo em duas profundidades (15-30 cm e 60-80 cm).

#### 3.2 Granulometria e Argila Dispersa em Água (ADA) e Densidade do Solo (Ds)

A determinação da granulometria do solo e do teor de argila dispersa em água foi realizada em todas as amostras coletadas por horizonte através do método da pipeta, adaptado de Embrapa (1997). A densidade do solo foi determinada pelo método dos anéis volumétricos de Kopecky, que foram amostrados por horizonte, com duas réplicas, conforme Embrapa (1997). A classificação da textura de cada horizonte foi definida seguindo gráfico triangular apresentado em Santos et al. (2013). As análises foram realizadas nos Laboratórios de Física do Solo e de Formações Superficiais da UNIOESTE, nos campus de Marechal Cândido Rondon e de Francisco Beltrão, respectivamente.

#### 3.3 Análises químicas de rotina

As análises químicas foram realizadas no Laboratório de Fertilidade do Solo do Instituto Agrônomo de Campinas- IAC. Foram realizadas determinação de Macronutrientes (pH-CaAl<sub>2</sub>, fósforo, potássio, cálcio e magnésio), Micronutrientes (boro, cobre, ferro, manganês e zinco), e matéria orgânica. A partir desses resultados foi calculado: capacidade de troca catiônica (CTC), soma de bases (SB) e saturação de bases (V%) para fins de classificação do solo.

O ataque sulfúrico foi realizado para determinação dos óxidos totais (SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e TiO<sub>2</sub>) da terra fina seca ao ar (TFSA) e para cálculo das relações moleculares – Ki e Kr – com intuito de compreender o estágio de intemperização do solo da área estudada (EMBRAPA, 1997). Essas análises foram realizadas no Laboratório de Análise de Solos do Departamento de Solos da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ/USP, em Piracicaba (SP).

### 3.4 Composição isotópica ( $\delta^{13}\text{C}$ ) e Carbono Orgânico Total (COT)

A análise isotópica, que tem a finalidade de informar a composição isotópica da vegetação da área em determinado momento, foi realizada ao laboratório de Isótopos Estáveis, no Centro de Energia Nuclear na Agricultura – CENA/USP – Campus Luiz de Queiroz (Piracicaba- SP). A determinação do valor isotópico  $\delta^{13}\text{C}$  foi realizada em um analisador elementar acoplado a um espectrômetro de massa ANCA SL 2020 da Europa Scientific. Os resultados de carbono orgânico total (COT) foram expressos em gramas por quilograma ( $\text{g. kg}^{-1}$ ) do peso seco e os da composição isotópica são apresentados em unidade de  $\delta$  (‰), determinada em relação ao padrão internacional VPDB e referem-se à média de duas determinações, com precisão de  $\pm 0,2\%$ .

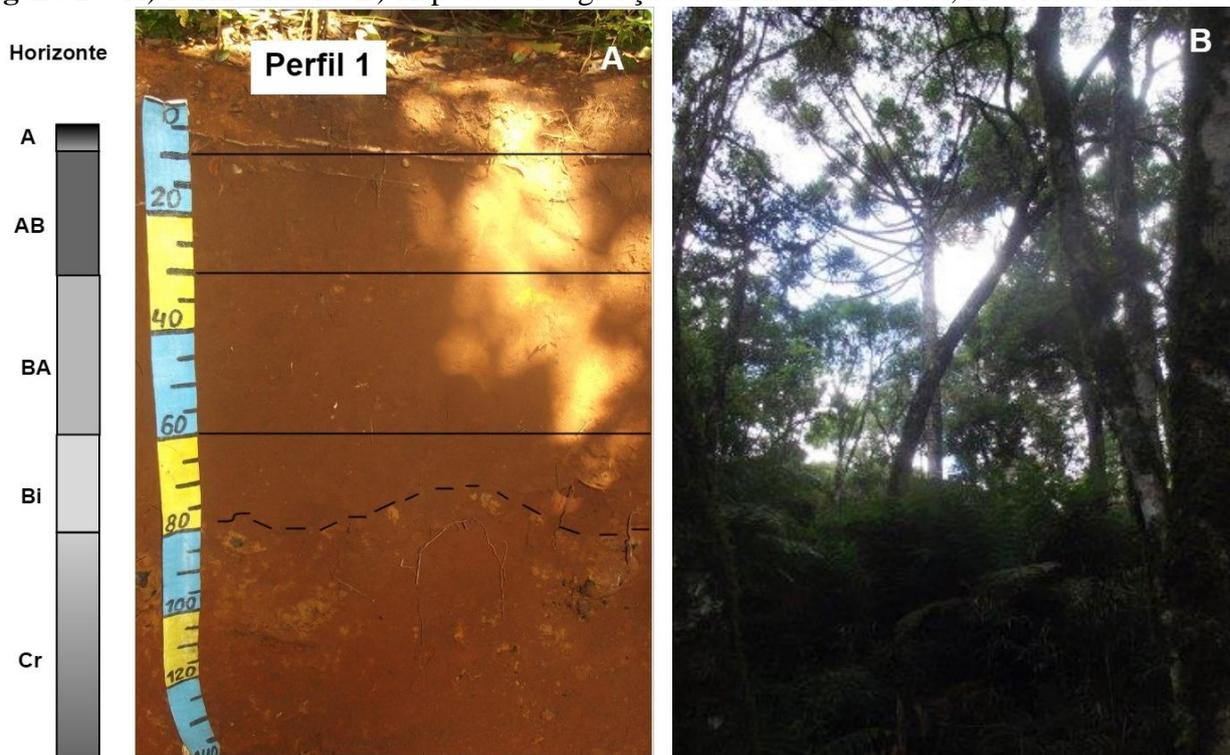
As datações  $^{14}\text{C}$  nas amostras de humina foram realizadas Laboratório Beta Analytic Inc. (Miami, EUA) por Espectrometria de Massa Acoplada a um Acelerador de Partículas. A idade  $^{14}\text{C}$  é expressa em anos AP (antes do presente), normalizada a  $-25,00\%$  (VPDB), sendo o presente o ano de 1950 e calibrados em anos de calendário (cal anos AP) pela Beta Analytic usando o programa Pretoria Calibration Procedure e o banco de dados INTCAL 04.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Atributos morfológicos físicos e químicos do solo

O perfil de alteração estudado encontra-se em posição de topo, apresenta 140 cm de profundidade e é composto por cinco horizontes: A, AB, BA, Bi e CR (Figura 2). O solo apresenta cor (úmida) bruno-muito escuro (7.5YR 2.5/3) nos horizontes A e AB, passando a bruno-avermelhado escuro (5YR 3/4) nos demais horizontes. Em sua maior parte, apresenta textura argilosa (entre  $544 \text{ g.kg}^{-1}$  e  $439,5 \text{ g.kg}^{-1}$ ) diferenciando-se apenas no horizonte CR, que apresenta textura média-siltosa, cujo teor de silte é de  $486,9 \text{ g.kg}^{-1}$  (Tabela 1), e se explica pela presença de minerais primários e fragmentos de rocha centimétricos.

**Figura 2** – A) Perfil do solo. B) Aspecto da vegetação da ESEC Mata Preta, Abelardo Luz-SC



Fotos: Calegari (2013)

O horizonte superficial A, considerando os critérios apresentados no Sistema Brasileiro de Classificação – SiBCS (EMBRAPA, 2013) é classificado como horizonte húmico. Na região Sul do Brasil este horizonte é comumente encontrado em todas as classes de solo (EMBRAPA, 2004). Como reflexo do elevado teor de carbono orgânico no epipedom húmico a estrutura observada é granular pequena fraca. No horizonte Bi a estrutura é pouco desenvolvida, tendendo a maciça. O solo apresenta consistência ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente pegajosa e ligeiramente plástico, havendo pequenas variações quanto à plasticidade. A transição entre os horizontes é difusa e plana, com exceção da transição entre o Bi e o CR, que é clara ondulada (Figura 2) e entre o CR e a rocha (140 cm), que se dá de forma abrupta e ondulada, apresentando contato lítico fragmentário.

**Tabela 1** – Atributos Físicos do solo

Horizonte	Profundidade cm	Areia	Silte (g.kg <sup>-1</sup> )	Argila	Textura	Silte/argila	DS g.cm <sup>-3</sup>
A	0-15	56.5	503.8	439.5	Argilosa	1.1	0,64
AB	15-30	42.1	462.9	495,0	Argilosa	0.9	1,0
BA	30-60	36.7	429.8	533.5	Argilosa	0.8	1,0
Bi	60-80	38.9	417.1	544,0	Argilosa	0.7	1,03
CR	80-140	182	486.9	331.1	Média siltosa	1.4	-

Fonte: Elaborada pelo autor

A relação silte/argila, apresentada na Tabela 1, variou entre 0,7 (Bi) e 1,4 (Cr). Esses valores corroboram o grau moderado de intemperismo do horizonte diagnóstico deste perfil, pois valores abaixo de 0,6 na maior parte do horizonte B, para solos de textura argilosa ou muito argilosa, indicam baixos teores de silte e alto grau de intemperismo (SANTOS et al., 2013). O grau moderado de intemperismo deste solo também é comprovado pelo valor da relação molecular Ki 1,14 no horizonte Bi (Tabela 2).

O menor valor de densidade do solo foi encontrado no horizonte A, efeito da matéria orgânica do solo e da estrutura grumosa. No horizonte Bi, a estrutura pouco desenvolvida imprime menor grau de estruturação e, portanto maior densidade de solo (Tabela 1). Os teores de matéria orgânica do solo apresentaram diminuição em profundidade (91 g/dm<sup>3</sup>- 30 g/dm<sup>3</sup>).

**Tabela 2** – Atributos químicos e Relações moleculares Ki e Kr do solo

Horiz.	Prof. (cm)	pH CaCl <sub>2</sub>	V%	M.O.	P	Fe	Mn	Zn	K	Ca	Mg	H+Al	Valor S	C.T.C.
				g/dm <sup>3</sup>	-----mg/dm <sup>3</sup> -----				-----cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> -----					
A	0-15	4,3	33	91	14	72	14	1	0,3	6	1,6	15	7,44	22,4
BA	30-60	4	2	42	4	13	0,1	0	0	0	0,2	18,5	0,44	18,9
Bi	60-80	5,1	1	30	5	12	0	0	0	0	0,1	1,8	0,23	2
				SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	MnO		Ki		Kr		
				-----g/kg-----										
A	0-15			99	160,2	105,3	54,3		0,31		1,1			0,7
AB	15-30			91	185,4	117,2	57,7		0,25		0,8			0,6
BA	30-60			126	198,5	122,1	59,5		0,22		1,1			0,8
Bi	60-80			138	206	127,6	64,2		0,21		1,1			0,8
CR	80- 140+			100	240,8	178,2	58,2		0,3		0,7			0,5

O solo é ácido (pH 4,3 - 5,1), distrófico e apresenta baixa CTC que diminui em profundidade (22,4 - 2,03  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ ) (Tabela 2). Esses valores indicam uma mineralogia com maior participação de Caulinita na mineralogia.

Os valores de  $K_i$  (<1,2) e  $K_r$  (<0,85) dos horizontes B, indicando ser um solo com moderado grau de intemperismo, porém pouco espesso (Tabela 2).

Com base nesses atributos morfológicos, físicos e químicos este solo foi classificado como Cambissolo húmico distrófico léptico.

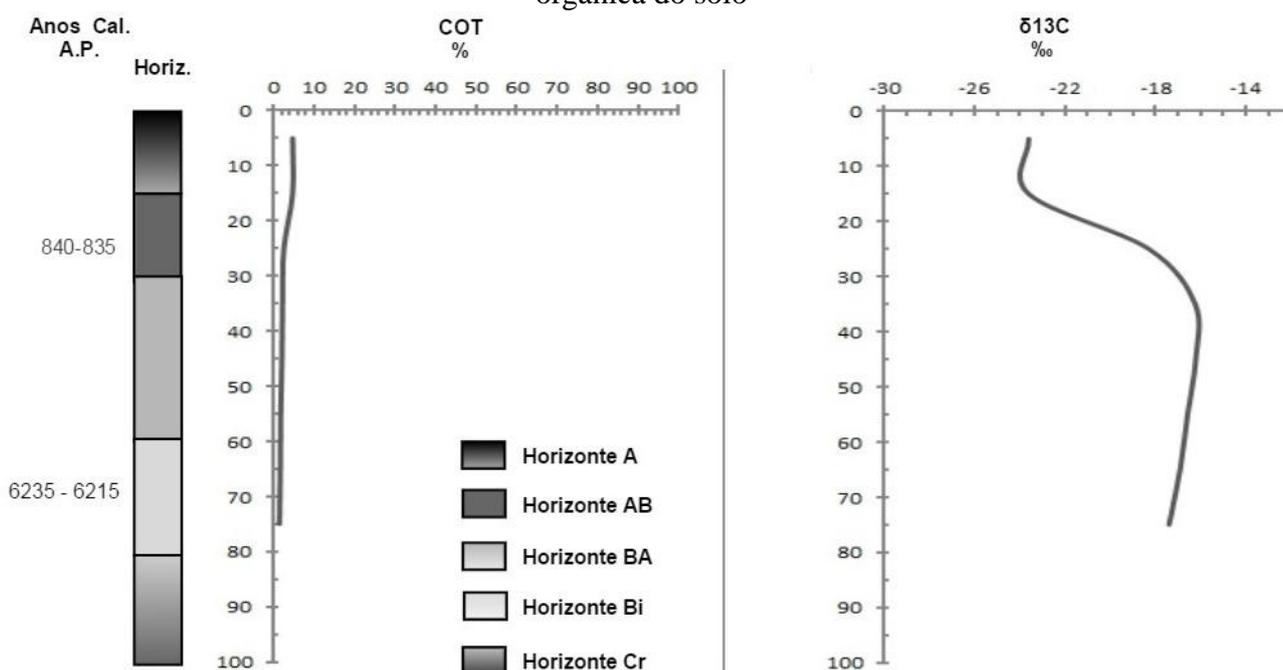
#### 4.2 Composição isotópica ( $\delta^{13}\text{C}$ ) e datação $^{14}\text{C}$

Os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  da MOS do solo estudado variam de -16,23‰ (40-50 cm) a -23,61‰ (0-10cm) e na base do horizonte Bi (70-80 cm) o valor manteve-se em -17,41‰ (Figura 3). Esses valores isotópicos assinalam vegetação com mistura de plantas  $\text{C}_3$  e  $\text{C}_4$ , com predomínio de plantas  $\text{C}_4$  entre 80 e 30 cm, indicando uma vegetação mais aberta e menos florestada que a atual. A datação por  $^{14}\text{C}$  indicou que a matéria orgânica entre 60 e 80 cm de solo tem idade entre 6.235 e 6.215 anos cal. A.P. (Holoceno médio) e entre 15 e 35 cm a idade obtida foi de 840 e 835 anos cal. A.P (Tabela 3). O valor  $\delta^{13}\text{C}$  de -23,61‰ obtido da matéria orgânica do solo (MOS) entre 0-10 cm representa o sinal isotópico da vegetação atual, a Floresta de Araucária.

Com base nos atributos morfológicos e isotópicos, não se observa evidências claras de coluvionamento ou horizontes enterrados no Cambissolo estudado, indicando desenvolvimento *in situ*, a partir da alteração da rocha basáltica subjacente.

Na interpretação dos valores de  $\delta^{13}\text{C}$  da MOS assumimos que as variações isotópicas menores que 4‰ estão associados ao fracionamento isotópico natural que ocorre durante a decomposição da matéria orgânica e das variações na composição isotópica do carbono do  $\text{CO}_2$  atmosférico (BOUTTON, 1998; NADELHOFFER; FRY, 1988). Somente aquelas maiores que 4‰ são associadas às mudanças de comunidades de plantas (DESJARDINS et al., 1996; SAIA et al., 2008). Assim, de acordo com os dados da Figura 3 é possível afirmar que houve uma mudança de vegetação ao longo do Holoceno tardio, durante a formação do Cambissolo estudados, haja vista que existe uma diferença superior a 6‰ entre as amostras mais profundas e as superficiais.

**Figura 3** – Teores de carbono orgânico total (COT) e Composição Isotópica  $\delta^{13}\text{C}$  da matéria orgânica do solo



A vegetação teria evoluído de uma formação mais aberta, provavelmente associada a um campo, desde o Holoceno médio (6.235-6.215 anos Cal. AP) para uma vegetação mais florestada no Holoceno tardio (desde 840 e 835 anos cal. A.P) que se mantém até os dias atuais (Tabela 3).

**Tabela 3 – Datação <sup>14</sup>C**

Profundidade	Nº laboratório Beta AnalyticInc	Idade Convencional A.P.	Datação <sup>14</sup> C cal. anos A.P.
15-30 cm	379829	1010 +/- 30	840-835
60-80 cm	379830	5480 +/- 30	6.235-6.215

Estudos realizados no sul do Brasil têm atestado que a mudança na composição paleoflorística iniciada no Holoceno médio e acentuada após 1.000 anos A.P., reflete variações para um clima mais úmido do que aquele do último máximo glacial (UMG), com alta pluviosidade e pequeno ou inexistente período de seca para essa região (BEHLING, 2002). No contexto regional da ESEC Mata Preta valores isotópicos semelhantes aos do Cambissolo estudado foram encontrados também por Calegari (2008) em solos sob Floresta de Araucária em Xanxerê-SC (-18,42‰ – base a -24,76‰- topo do perfil) e em Guarapuava-PR (-16,70‰ – base a -23,84‰ - topo do perfil) e foram interpretados como vegetação de campo no Holoceno médio, com transição para uma vegetação florestadas no Holoceno tardio até chegar a atual Floresta de Araucária. Também Paisani et al., (2014) estudando sequencias estratigráficas (HS1) em Palmas (PR), encontraram valores de -16,8‰ e -17,4‰ e interpretaram como registro de vegetação de campo. Estes autores também encontraram valores isotópicos mais empobrecidos (-19,6‰ a -24,6‰) em depósitos coluviais em fundos de vale de baixa ordem hierárquica (HS12), também na região de Palmas, indicando a presença de uma vegetação mais florestada no Holoceno Tardio (PAISANI et al., 2013).

O conjunto de dados obtidos neste trabalho indica que houve uma mudança de vegetação no Holoceno médio, que estão em consonância com outros trabalhos realizados na região (CALEGARI, 2008; PAISANI et al., 2013; 2014; BERTOLDO; PAISANI; OLIVEIRA, 2014) que também assinalaram trocas de vegetação para a região da Superfície Incompletamente Aplainada II (PAISANI et al., 2008), seções estratigráficas que preservam paleossolos como registros de momentos de intensa atividade morfogênica na transição entre o Pleistoceno/Holoceno com degradação de encostas e colmatação de fundos de vale, mudanças no divisor de águas regional e inversão de relevo. Esses estudos refletem a ocorrência de mudanças das condições climáticas na região, provavelmente associadas à presença de um clima seco/menos úmido do que o atual no Holoceno médio, passando para condições mais úmidas e temperadas semelhante a atual, desde o Holoceno superior.

O Holoceno médio é reconhecido como um período de alterações globais particularmente significativas (STEIG, 1999). No Brasil os efeitos dessas alterações foram registrados em várias regiões: expansão gradual da vegetação florestada após 7000 anos AP na área de Cerrado (LEDRU et al., 2001); condições mais secas para a região norte por volta de 4.300 a 3.150 anos A.P. e também durante o intervalo de 1.500 a 800 anos A.P. (SERVANT et al., 1993); expansão da Floresta de Araucária, a partir de 3.000 anos A.P. e o paulatino avanço das espécies tropicais sobre os campos que outrora predominavam as área do Planalto Meridional (BEHLING, 1995; 1997; 2002; BAUERMANN; BEHLING, 2009; BERTOLDO; PAISANI; De OLIVEIRA, 2014). Estudos indicam que o clima foi o pilar para as migrações e desenvolvimento das florestas no Sul do Brasil, o tipo de solo, ação do fogo e o pastejo ainda atuam promovendo variações na paisagem e desenhando o limite Floresta/Campo (JARENKOW; BUDKE, 2009). A vegetação de campos do Sul e Sudeste, só foi substituída pela Floresta de Araucária há cerca de 3.000 anos A.P, quando ela começou a se expandir a partir das galerias, por reflexo de um clima um pouco mais úmido (BEHLING, 2002; De OLIVEIRA et al., 2005). Essa época marca uma fase climática úmida

consolidada em todo o país (BEHLING, 2002, p. 26) que também ficou registrada no sinal isotópico da MOS do perfil de Cambissolo aqui estudados.

## 5 CONSIDERAÇÕES

O perfil classificado como Cambissolo Húmico distrófico léptico apresenta textura argilosa na maior parte do perfil. Embora seja um perfil pouco profundo, ele se encontra em posição de topo e se desenvolveu *in situ*.

Os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  sugerem mudança de comunidade de vegetação, passando de formação mista com predomínio de plantas  $\text{C}_4$  (vegetação mais aberta, possivelmente campo), no Holoceno Médio, para uma vegetação mista com maior influência de plantas  $\text{C}_3$  (vegetação mais florestada), possivelmente a Floresta de Araucária, semelhante a vegetação atual.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de Mestrado em Geografia – UNIOESTE/Francisco Beltrão pelo suporte técnico e apoio financeiro (PROAP). A CAPES/CNPq pela concessão de bolsa de mestrado das duas primeiras autoras e pelo apoio financeiro por meio do projeto 144/2012 PVEs/CAPES. A Fundação Araucária do Paraná pelo apoio financeiro (Convênios 1261/2012-Reitoria e 204/2012-Campus). Ao Prof. Pablo Vidal Torrado pelo apoio na realização das análises de Ataque Sulfúrico nos laboratórios da ESAL/USP. A Dr. Fábio M. Correia e Dr. Antônio Al. Correia Jr., respectivamente, chefe e técnico da Unidade de Conservação ESEC Mata Preta, pelo suporte técnico e apoio no trabalho de campo.

## REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, A. N. Revisão dos conhecimentos sobre o horizonte subsuperficial de cascalhos inhumados do Brasil oriental. **Boletim da Universidade Federal do Paraná**, Curitiba, n.º. 2, p. 1-32, 1961. Disponível em: <[http://www.geografia.fflch.usp.br/graduacao/apoio/Apoio/Apoio\\_Atila/2s2015/excursos/Revisao\\_conhecimentos-Stone\\_Line.pdf](http://www.geografia.fflch.usp.br/graduacao/apoio/Apoio/Apoio_Atila/2s2015/excursos/Revisao_conhecimentos-Stone_Line.pdf)>. Acesso em: 22 jan. 2013.

AB'SÁBER, A. N. O relevo brasileiro e seus problemas. In: **Brasil e Terra e o Homem**, São Paulo: Editora Nacional, 1964. v. 1, cap. III, , 1964.

BARBERI, M. **Mudanças paleoambientais na região dos cerrados do Planalto Central durante o Quaternário Tardio**: o estudo da Lagoa Bonita, DF, 2001. Tese (Doutorado)-Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44136/tde-04112015-161453/en.php>>. Acesso em: 14 fev. 2013.

BEHLING, H. Investigation into the Late Pleistocene and Holocene history of vegetation and climate in Santa Catarina (S Brazil). **Vegetation History and Archaeobotany**, Germany, v. 4, n.º. 3, p. 127-152, Sept. 1995. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007%2FBF00203932#page-1>>. Acesso em: 25 Jan. 2013.

BEHLING, H. Late Quaternary vegetation, climate and fire history from the tropical mountain region of Morro de Itapeva, SE Brazil. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, Netherlands, v. 129, n.º. 3, p. 407-422, Apr. 1997. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0031018297881771>>. Acesso em: 2 mar. 2013.

BEHLING, H. South and southeast Brazilian grasslands during Late Quaternary times: a synthesis. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, Netherlands, v. 177, n°. 1, p. 19-27, Jan. 2002. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0031018201003492>>. Acesso em: 22 Apr. 2015.

BEHLING, H.; LICHTER, M. Evidence of dry and cold climatic conditions at glacial times in tropical Southeastern Brazil. **Quaternary Research**, London, v. 48, n°. 3, p. 348-358, Nov. 1997. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0033589497919323>>. Acesso em: 25 dez. 2013.

BAUERMANN, S.G.; BEHLING, H. Dinâmica paleovegetacional da Floresta com Araucária a partir do final do Pleistoceno: o que mostra a palinologia. In: RAMOS-COSTA, A. M. M.; FONSECA, C. R.; SOUZA, A. F.; et al. **Floresta com Araucária: ecologia, conservação e desenvolvimento sustentável**. Ribeirão Preto: Holos, 2009. p. 35-38. Disponível em: <<http://www.anolisbooks.com.br/pt/catalogo/detalhe/17/259.html>>. Acesso em: 23 dez. 2014.

BERTOLDO, E.; PAISANI, J. C.; De OLIVEIRA, P. E. Registro de Floresta Ombrófila Mista nas regiões sudoeste e sul do Estado do Paraná, Brasil, durante o Pleistoceno/Holoceno. **Hoehnea**, São Paulo, v. 41, n°. 1, p. 1-8, 2014. Disponível em: <[http://www.ambiente.sp.gov.br/hoehnea/files/2014/03/41\\_1-T01\\_27\\_03\\_2014.pdf](http://www.ambiente.sp.gov.br/hoehnea/files/2014/03/41_1-T01_27_03_2014.pdf)>. Acesso em: 22 mar. 2014.

BOUTTON, T.W.; ARCHER, S. E.; MIDWOOD, A. J. et al.  $\delta^{13}\text{C}$  values of soil organic carbon and their use in documenting vegetation change in a subtropical savanna ecosystem. **Geoderma**, Netherlands, v. 82, n°. 1-3, p. 5-41, Feb. 1998. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016706197000955>>. Acesso em: 23 jun. 2014.

MACHADO, J. L. F. **Mapa Hidrogeológico do Estado de Santa Catarina - Escala 1:500.000**. Porto Alegre, 2013. p. 1-107. Disponível em: <[http://www.cprm.gov.br/publique/media/rel\\_mapa\\_hid\\_sc.pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/rel_mapa_hid_sc.pdf)>. Acesso em: 22 jan. 2015.

CALEGARI, M. R. **Ocorrência e significado paleoambiental do Horizonte A húmico em Latossolos**. 2008. Tese (Doutorado)-Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11140/tde-11032009-093135/pt-br.php>>. Acesso em: 22 mar. 2014.

DE OLIVEIRA, P.E. A. **Palynological Record of Late Quaternary vegetation and Climatic Change in Southeastern Brazil**. 1992. Phd (dissertation), Ohio State University, Columbus, 1992. Disponível em: <<http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201300292214>>. Acesso em: 4 mar. 2014.

DESJARDINS, T. et al. Changes of the forest-savanna boundary in Brazilian Amazonia during the Holocene as revealed by soil organic carbon isotope ratios. **Oecologia**, Germany v. 108, n°. 4, p. 749-756, Dec. 1996. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007%2FBF00329051#page-1>>. Acesso em: 22 Jan. 2014

EMBRAPA. Agropecuária. Descrição Geral do Estado de Santa Catarina. In: EMBRAPA. **Solos do Estado de Santa Catarina**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004.p. 7-43. Disponível em: <<ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/.../1/BPD-46-2004-Santa-Catarina-.pdf>>. Acesso em: 9 abr. 2014.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos e análise de solo**. Rio de Janeiro, 1997. 212 f. Disponível em: <[https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Manual+de+Metodos\\_000fzvhotqk02wx5ok0q43a0ram31wtr.pdf](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Manual+de+Metodos_000fzvhotqk02wx5ok0q43a0ram31wtr.pdf)>. Acesso em: 4 nov. 2014.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed.rev.ampl. 2013. Disponível em: <[http://livraria.sct.embrapa.br/liv\\_resumos/pdf/00053080.pdf](http://livraria.sct.embrapa.br/liv_resumos/pdf/00053080.pdf)>. Acesso em: 01 nov. 2014.

GUERRA, S.; PAISANI, J. C. Verificação da Influência dos Derrames Vulcânicos da Formação Serra Geral na Origem de Patamares na Área Drenada pelo rio Tamanduá - SW PR. **Geografia**, Londrina, v. 19, n. 2, p. 163-173, 2010. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/article/view/4127>>. Acesso em: 22 nov. 2014.

IAPAR. **Cartas climáticas do Paraná**: classificação climática. 2014. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=863>>. Acesso em: 6 jun. 2014.

JARENKOW, J. A.; BUDKE, J. C. Padrões florísticos e análise estrutural de remanescentes de Floresta com Araucária no Brasil. In: RAMOS-COSTA, A. M. M.; FONSECA, C. R.; SOUZA, A. F. et al. **Floresta com Araucária**: ecologia, conservação e desenvolvimento sustentável. Ribeirão Preto: Holos, 2009.p. 113-123. Disponível em: <<http://www.anolisbooks.com.br/pt/catalogo/detalhe/17/259.html>>. Acesso em: 23 dez. 2014.

LEDRU, M. P. et al. Vegetation dynamics in southern and central Brazil during the last 10.000 yr BP. **Review of Paleobotany and Palynology**, Netherlands, v. 99, n.º. 2, p. 131-142, Jan. 1998. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034666797000493>>. Acesso em: 22 jan. 2015.

LEDRU, M. P.; MOURGUIART, P. Late glacial vegetation changes in the Americas and climatic implications. In: MARKGRAF, V. (Ed.). **Interhemispheric Climate Linkages**, San Diego: Academic Press, 2001.p. 371-390.

MAACK, R. Linhas Fundamentais da Geografia Física do Paraná. In: MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná**. 4. ed. Rio de Janeiro: J. Olympio, 1981. p. 73-426. Disponível em: <[http://www.isthmus.com.br/eduepg/centro\\_detalhes.aspx?p=167](http://www.isthmus.com.br/eduepg/centro_detalhes.aspx?p=167)>. Acesso em: 22 nov. 2014.

MACHADO, José L. F. **Mapa Hidrogeológico do Estado de Santa Catarina**. Porto Alegre: CPRM, 2013.

NADELHOFFER, K. J.; FRY, B. Controls on natural nitrogen-15 and carbon-13 abundances in forest soil organic matter. **Soil Science Society of America Journal**, [United States], v. 52, no. 6, p. 1633-1640, Jan. 1988. Disponível em: <<https://dl.sciencesocieties.org/publications/sssaj/abstracts/52/6/SS0520061633?access=0&view=pdf>>. Acesso em: 22 jan. 2013.

PAISANI, J. C. et al. Cabeceiras de drenagem da Bacia do Rio Quatorze - Formação Serra Geral (SW do Paraná): distribuição espacial, propriedades morfológicas e controle estrutural. **Ra'ega**, Curitiba, v. 12, p. 211-219, 2006. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs/index.php/raega/article/viewArticle/4789>>. Acesso em: 7 jul. 2015.

PAISANI, J. C.; PONTELLI, M. E.; ANDRES, J. Superfícies aplainadas em zona morfoclimática subtropical úmida no planalto basáltico da bacia do Paraná (SW Paraná / NW Santa Catarina): primeira aproximação. **Geociências**, São Paulo, v. 27, n. 7, p. 541-553, out./dez. 2008. Disponível em: <[http://ppegeo.igc.usp.br/scielo.php?pid=S0101-90822008000400009&script=sci\\_arttext&tlng=es](http://ppegeo.igc.usp.br/scielo.php?pid=S0101-90822008000400009&script=sci_arttext&tlng=es)>. Acesso em: 22 nov. 2014.

PAISANI, J. C.; GEREMIA, F. Evolução de encostas no Planalto Basáltico com base na análise de depósitos de colúvio - médio vale do rio Marrecas, SW do Paraná. **Geociências**, São Paulo, v. 29, n. 3, p. 321-334, 2010. Acesso em: <[http://ppegeo.igc.usp.br/scielo.php?pid=S0101-90822010000300004&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://ppegeo.igc.usp.br/scielo.php?pid=S0101-90822010000300004&script=sci_arttext&tlng=pt)>. Acesso em: 9 abr. 2014.

PAISANI, J. C.; CALEGARI, M. R.; PONTELLI, M. E. et al. O papel das mudanças climáticas do quaternário superior na dinâmica evolutiva de paleovale de segunda ordem (Sul do Brasil). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 14, n. 1, p. 103-116, 2013. Disponível em: <<http://www.lsie.unb.br/rbg/index.php?journal=rbg&page=article&op=view&path%5B%5D=413>>. Acesso em: 22 dez. 2014.

PAISANI, J. C. et al. Paleosols in low-order streams and valley heads in the Araucaria Plateau e Record of continental environmental conditions in southern Brazil at the end of MIS 3. **Journal of South American Earth Sciences**, Netherlands, v. 54, p. 57-70, Oct. 2014. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0895981114000479>>. Acesso em: 22 nov. 2015.

PESSENDA, L. C. R. The use of carbon isotopes ( $^{13}\text{C}$ ,  $^{14}\text{C}$ ) in soil to evaluate vegetation changes during the Holocene in Central Brazil. **Radiocarbon**. Vol. 38, n. 2, 1996, p. 191-201.

PESSENDA, L. C. R. et al. Holocene paleoenvironmental reconstruction in the northeastern Brazil inferred from pollen, charcoal and carbon isotope records. *Holocene, United States*, v.15, no. 6, p. 814-822, May 2005. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/Luiz\\_Pessenda/publication/238660350\\_Holocene\\_palaeoenvironmental\\_reconstruction\\_in\\_northeastern\\_Brazi\\_inferred\\_from\\_polen\\_charcoal\\_and\\_carboon\\_isotope\\_records/links/0deec52d56ea907ad6000000.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Luiz_Pessenda/publication/238660350_Holocene_palaeoenvironmental_reconstruction_in_northeastern_Brazi_inferred_from_polen_charcoal_and_carboon_isotope_records/links/0deec52d56ea907ad6000000.pdf)>. Acesso em: 22 jan. 2014.

PESSENDA, L. C. R. et al. Vegetation dynamics and climate inferences during the late Pleistocene in the Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo de Curucutu, São Paulo State, Southeastern Brazil, using carbon isotopes in soil and peat and peat palynology. In: INTERNATIONAL RADIOCARBON CONFERENCE, 19., 2006, São Paulo. **Abstracts & Programme...** São Paulo: [s.n.], 2006.

PONTELLI, M. E.; PAISANI, J. C. Controle de fraturas na organização da drenagem da bacia do Rio Quatorze – Sudoeste do Paraná. **Perspectiva Geográfica**, Bogotá, v. 4, p. 129-138, 2008. Disponível em: <<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:BFW62g6J65cJ:e-revista.unioeste.br/index.php/pgeografica/article/download/3639/2890+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>>. Acesso em: 14 dez. 2014.

PONTELLI, M. E. et al. Características genéticas da cobertura superficial em cabeceira de drenagem sobre substrato vulcânico - Planalto Basáltico da Bacia do Paraná. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA: dinâmicas socioambientais das inter-relações às interdependências, 14., 2011, Dourados. **Anais...** Dourados: Universidade Federal da Grande Dourados, 2011. v. 1, p. 1-11.

PROCHNOW, M. **O Parque Nacional das Araucárias e a Estação Ecológica da Mata Preta: Unidades de Conservação da Mata Atlântica**. 1. ed. Rio do Sul: APREMAVI, 2009. Disponível em: <file:///C:/Users/danycanazart/Downloads/apremavi-o-parque-nacional-das-araucarias-e-a-estacao-ecologica-da-mata-preta.pdf>. Acesso em: 22 dez. 2014.

QUADRO, M. F. L. et al. Climatologia de precipitação e temperatura. **Climanálise: Boletim de Monitoramento e Análise climática**. 2009. Edição especial comemorativa de 10 anos. Disponível em: <http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/cliesp10a/chuesp.html>. Acesso em: 6 jun. 2014.

SAIA, S. E. M. G. et al. Last glacial maximum (LGM) vegetation changes in the Atlantic Forest, southeastern Brazil. **Quaternary International**, v. 184, n°. 1, p. 195-201, Jun. 2008. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1040618207002005>. Acesso em: 22 jan. 2015. doi:10.1016/j.quaint.2007.06.029.

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado de Coordenação Geral e Planejamento. **Atlas escolar de Santa Catarina**. Rio de Janeiro: Aerofoto Cruzeiro, 1991. p. 1-135. Disponível em: <http://www.spg.sc.gov.br/mapas/atlas/AtlasBranco.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2014.

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado da Agricultura e da Pesca. Tipos Climáticos. Florianópolis-SC: **Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural**. 2001. Disponível em: <http://www.ciram.com.br/index.php?option=com\_content&view=article&id=708:atlas-climatologico&catid=2>. Acesso em: 6 jun. 2014.

SANTOS, H. G. dos., et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília-DF: Embrapa, 3ª edição, 2013, 353 p.

SARTORI, P. L. P.; BORTOLOTTI, O. J.; KAWASHITA, K. Os principais tipos de rochas vulcânicas da Bacia do Paraná no Planalto de Santa Catarina. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 4, p. 71-84, 1982. Disponível em: <https://scholar.google.com.br/scholar?q=related:NHcijXgsYDEJ:scholar.google.com/&hl=pt-BR&as\_sdt=0,5>. Acesso em: 12 fev. 2014.

SCHEIBE, L. F. A geologia de Santa Catarina – Sinopse provisória. **Geosul**, Florianópolis, v. 1, n. 1, p. 1-32, 1986. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/view/12542/11811>. Acesso em: 12 jun. 2013.

SCHNEIDER, R. L. et al. Revisão Estratigráfica da Bacia do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28., 1974, Porto Alegre. **Anais...** SBG, v. 1, p. 41-65, 1974. Disponível em: <https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as\_sdt=0,5&q=Schneider+Revis%C3%A3o+Estratigr%C3%A1fica+da+Bacia+do+Paran%C3%A1.>. Acesso em: 22 nov. 2014.

SERVANT, M. J. et al. Tropical rain forest changes during the late Quaternary African and South American lowlands. **Global and Planet Changes**, Netherlands, v. 7, no. 1/3, p. 25-40, 1993. Disponível em: <http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\_textes/pleins\_textes\_6/b\_fdi\_33-34/39440.pdf>. Acesso em: 22 nov. 2014.

STEIG, E. J. Mid-Holocene Climate Change. **Science**, [United States], v. 286, no. 5444, p. 1485-1487, 1999. Disponível em:

<<http://search.proquest.com/openview/0b96c41a573a74e0e7d272d1ee16e868/1?pq-origsite=gscholar>>. Acesso em: 22 jan. 2014.

**Data de submissão:** 08.02.2015

**Data de aceite:** 06.08.2015

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.