

GUILHERME MAPA SOUZA PRADO

**EVOLUÇÃO DA OCORRÊNCIA DE FOGO NA AMÉRICA DO SUL DURANTE O
HOLOCENO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Meteorologia Aplicada, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Flávio Barbosa Justino

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2020**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

P896e Prado, Guilherme Mapa Souza, 1994-
2020 Evolução da ocorrência de fogo na América do Sul durante
o Holoceno / Guilherme Mapa Souza Prado. – Viçosa, MG,
2020.
98 f. : il. ; 29 cm.

Orientador: Flávio Barbosa Justino.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Referências bibliográficas: f.84-98.

1. Fogo. 2. Paleoclimatologia. I. Universidade Federal de
Viçosa. Departamento de Engenharia Agrícola. Programa de
Pós-Graduação em Meteorologia Aplicada. II. Título.

CDD 22. ed. 551.793

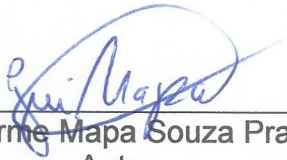
GUILHERME MAPA SOUZA PRADO

EVOLUÇÃO DA OCORRÊNCIA DE FOGO NA AMÉRICA DO SUL DURANTE O HOLOCENO

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Meteorologia Aplicada, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 26 de outubro de 2020.

Assentimento:



Guilherme Mapa Souza Prado
Autor



Flávio Barbosa Justino
Orientador

Dedico a meus pais e meu irmão.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me fortalecer, por mostrar-me o caminho mesmo quando achei que tudo estava perdido.

Aos meus pais e meu irmão pela estrutura familiar, pelos ensinamentos de honestidade, e coragem.

A minha namorada, Janaína obrigado pelo seu amor, palavras de apoio e motivação.

Ao orientador Prof. Flávio Barbosa Justino, obrigado pela oportunidade e confiança de trabalhar comigo.

Ao Prof. Marcos Heil Costa, por algumas horas de conversa que foram suficientes para ajudar no prosseguimento do trabalho.

À Graça pelos conselhos e soluções.

À FAPEMIG, agradeço pela concessão da bolsa de pesquisa.

A CAPES, pelo apoio aos programas de Pós-Graduação.

Pela amizade que construí em especial ao Hugo Thaner, José Darlon e Adolpho pelos momentos de descontração, apoio e dicas durante o curso.

Aos meus amigos do grupo de pesquisa Álvaro, Cristian e Paola pelas sugestões, ajuda aos dados, paciência e críticas durante o trabalho.

Ao Neotoma pelo banco de dados de paleotecnica utilizado, o trabalho de colaboradores, administradores dos dados e toda a comunidade, meu reconhecimento com gratidão.

Aos colegas de trabalho do INMET Lizandro, Anete e Jorge pela motivação de fazer o mestrado e no aprendizado como profissional onde pude aprender cada dia mais.

Ao Departamento de Engenharia Agrícola e todos seus funcionários pelo tratamento no dia a dia.

E todos que contribuíram de alguma forma na realização deste trabalho, Obrigado!

“Só não consegue o seu objetivo quem acredita que as coisas são fáceis. Todas as coisas são difíceis, todas as coisas têm que ser lutadas. Quando você consegue uma coisa fácil, desconfie porque ela não é tão fácil quanto parece.”

Silvio Santos, Guarujá – SP

RESUMO

PRADO, Guilherme Mapa Souza, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, outubro de 2020. **Evolução da ocorrência de fogo na América do Sul durante o Holoceno**. Orientador: Flávio Barbosa Justino.

A precessão orbital um dos ciclos de milankovitch impulsionou variações na insolação durante milênios aumentando assim a temperatura desde o Holoceno inicial na América do Sul. O fogo também respondeu a essa mudança climática assim como o impacto humano que ambos aumentaram ao longo do tempo. A ignição do fogo é caracterizada de duas maneiras: devido a causas antrópicas ou naturais. Os registros de carvão em todo o mundo têm sido utilizados para investigar essa atividade do fogo nos diferentes ambientes. Para identificar as causas do fogo natural o estudo por meio de proxies como pólen, espeleotemas, estudos do clima através de modelos de reconstruções auxiliam na compreensão. Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo esclarecer as causas do fogo natural e antrópico na América do Sul. Para o presente estudo foram compiladas 63 amostras de carvão vegetal selecionadas para 6 regiões da América do Sul. Foram utilizados os sites de pólen e espeleotemas num total de 83 e 8 amostras respectivamente para avaliar as condições ambientais e climáticas de cada região. Os dados climáticos foram necessários para avaliar o clima de modo que seja mais ou menos propício ao fogo. Para melhor entendimento dos impactos antropogênicos 19 sítios arqueológicos disponíveis e datados foram explorados por meio da literatura especializada para relacionar o comportamento do fogo identificando onde e quando ocorreram a migração das pessoas desde o Holoceno inicial. Os resultados obtidos indicam que o clima foi mais seco em 12000 AP e posteriormente mais úmido durante o Holoceno tardio até o presente na maioria das regiões. Verificou-se que a ocorrência do fogo natural foi maior durante o Holoceno inicial e médio mostrando que o impacto humano se intensificou durante o Holoceno tardio favorecendo assim a maior quantidade de carvão e fogo. É observado ainda que o fogo de origem antrópica foi superior quantitativamente ao fogo natural mostrando que o homem foi modificando a paisagem ao longo do tempo.

Palavras-chave: Fogo. Holoceno. Paleoclima.

ABSTRACT

PRADO, Guilherme Mapa Souza, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, October, 2020. **Evolution of fire occurrence in South America during the Holocene.** Adviser: Flávio Barbosa Justino.

Orbital precession one of the milankovitch cycles has driven variations in heat stroke over millennia, there by increasing the temperatures ince the initial Holocene in South America. Fire also responded to this climate change as well as the human impact that both increased over time. The ignition of fire is characterized in two ways: due to anthropic or natural causes. Coal records around the world have been used to investigate this fire activity in different environments. To identify the causes of natural fire, the study through proxies such as pollen, speleothems, studies of the climate through reconstruction models help in understanding. In this context, this study aim and to clarify the causes of natural and man-made fire in South America by assessing factors related to human and natural occurrence through environmental systems. For the present study, 63 samples of charcoal selected for 6 regions of South America were compiled. The pollen and speleothems sites were used in a total of 83 and 8 samples respectively to assess the environmental and climatic conditions of each region. Climatic data was needed to assess the climate so that it is more or less conducive to fire. For a better understanding of anthropogenic impacts, 19 available and dated archaeological sites were explored through specialized literature to relate the behavior of fire, identifying where and when the migration of people occurred since the initial Holocene. The results obtained indicate that the climate was drier in 12000 AP and later more humid during the late Holocene until the present in most regions. It was found that the occurrence of natural fire was higher during the early and middle Holocene, showing that the human impact intensified during the late Holocene, thus favoring the greater amount of coal and fire. It is also observed that fire of anthropic origin was quantitatively superior to natural fire, showing that man has been changing the landscape over time.

Keywords: Fire. Holocene. Paleoclimate.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - (A). Média anual da temperatura do ar durante o Holoceno (0 a 12000 AP); (B) Precipitação anual durante o Holoceno na América do Sul (0 a 12000 AP). (C) Precipitação anual durante o primeiro período do Holoceno (P1) (PREC 12Ka - 6Ka). (D) Precipitação anual durante o segundo período do Holoceno (P2) (PREC 6Ka - 0)	17
Figura 2 - Sítios de carvão compilados na América do Sul e recortes utilizados em proximidades. Fonte de dados: Blarquez <i>et al.</i> (2014)	22
Figura 3 - Sítios de pólen selecionados na América do Sul e recortes utilizados em proximidades. Fonte de dados: Neotoma Paleocology Database	26
Figura 4- Sítios de espeleotemas selecionados na América do Sul	30
Figura 5- Sítios arqueológicos selecionados na América do Sul	32
Figura 6 – Quantidade de carvão; precipitação anual; Temperatura média anual, Espeleotema (caverna Tigre Perdido) (d18O), linha tracejada com pontos pretos mostram a datação de ocupação humana, comportamento climático durante o período chuvoso, comportamento climático durante o período seco.....	37
Figura 7 – Sítios individuais de espeleotemas da região 1	40
Figura 8 - Sítios de pólen em porcentagens (%) de gramíneas em relação à floresta.	42
Figura 9 - Sítios de pólen em porcentagens (%) de gramíneas em relação à floresta.	44
Figura 10 – Quantidade de carvão; precipitação anual; Temperatura média anual, Espeleotema (caverna Paraíso) (d18O), linha tracejada com pontos pretos mostram a datação de ocupação humana, comportamento climático durante o período chuvoso, comportamento climático durante o período seco.....	46
Figura 11 – Sítios de pólen em porcentagens (%) de gramíneas em relação às florestas.....	50
Figura 12 – Quantidade de carvão; precipitação anual; Temperatura média anual, Espeleotema (caverna Huagapo) (d18O), linha tracejada com pontos pretos mostram a datação de ocupação humana, comportamento climático durante o período chuvoso, comportamento climático durante o período seco	51
Figura 13 - Sítios de pólen em porcentagens (%) de gramíneas em relação à floresta.....	56
Figura 14 – Quantidade de carvão; precipitação anual; Temperatura média anual, Espeleotema (caverna Pau Alho) (d18O), linha tracejada com pontos pretos mostram a datação de ocupação humana, comportamento climático durante o período chuvoso, comportamento climático durante o período seco	58
Figura 15 – Sítios de pólen em porcentagens (%) de gramíneas em relação às florestas.....	62
Figura 16 – Quantidade de carvão; precipitação anual; Temperatura média anual, Espeleotema (Botuverá) (d18O), linha tracejada com pontos pretos mostram a	

datação de ocupação humana, comportamento climático durante o período chuvoso, comportamento climático durante o período seco.....	64
Figura 17 – Sítios de pólen em porcentagens (%) de gramíneas em relação à floresta.....	68
Figura 18– Quantidade de carvão; precipitação anual; Temperatura média anual, linha tracejada com pontos pretos mostram a datação de ocupação humana, comportamento climático durante o período chuvoso, comportamento climático durante o período seco	70
Figura 19 – Sítios de pólen em porcentagens (%) de gramíneas em relação a florestas.....	75
Figura 20 – Sítios de pólen em porcentagens (%) de gramíneas em relação a florestas.....	76
Figura 21 - Quantidade de carvão; precipitação anual; Temperatura média anual; linha tracejada com pontos pretos mostram a datação de ocupação humana	78
Figura 22 - Sítios de pólen em porcentagens (%) de gramíneas em relação a florestas.....	81

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Localização das regiões com sítios de carvão individuais.....	23
Tabela 2 - Localização das regiões individuais com sítios de pólen.....	27
Tabela 3 - Localização das regiões individuais com sítios de espeleotema	31
Tabela 4 - Localização dos sítios arqueológicos individuais com datas de ocupações.	33
Tabela 5 - Médias mensais da precipitação (mm) de todas as regiões da América do Sul durante o Holoceno	35

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AP	Antes do Presente
CCM3	Community Climate Model
CDO	<i>Climate Data Operator</i>
CRAN	<i>The Comprehensive R Archive Network</i>
ENSO	El Niño – Oscilação Sul
GDC	<i>Global Charcoal Database</i>
Ka	<i>Before Present</i>
MCGs	Modelos climáticos de circulação geral
NCAR	<i>National Center for Atmospheric Research</i>
NOAA	<i>National Oceanic and Atmospheric Administration</i>
R	Linguagem de programação
SMAS	Sistema de monção da América do Sul
TSM	Temperatura da superfície do mar
UMG	Último máximo glacial
ZCIT	Zona de convergência intertropical
ZCAS	Zona de convergência do Atlântico Sul

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	16
2.1 ÁREA DE ESTUDO.....	16
2.2 CARVÃO.....	18
2.2.1 DADOS UTILIZADOS.....	18
2.2.2 TRATAMENTO DE DADOS	19
2.2.3 LIMITAÇÕES DO BANCO DE DADOS	21
2.3 PÓLEN.....	24
2.3.1 TRATAMENTO DOS DADOS.....	25
2.3.2 DADOS UTILIZADOS.....	25
2.4 ESPELEOTEMA	29
2.4.1 TRATAMENTO DE DADOS	29
2.4.2 DADOS UTILIZADOS.....	29
2.5 REGISTROS HISTÓRICOS.....	31
2.5.1 DADOS UTILIZADOS.....	31
2.5.2 TRATAMENTO DE DADOS	31
2.6 DADOS CLIMÁTICOS.....	33
2.6.1 DADOS UTILIZADOS.....	34
2.6.2 TRATAMENTO DE DADOS	34
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
3.1 REGIÃO 1 NORTE ANDINO (NA).....	36
3.1.1 CARVÃO.....	36
3.1.1.1 REGISTROS HISTÓRICOS	37
3.1.1.2 DADOS CLIMÁTICOS	38
3.1.2 ESPELEOTEMA	40
3.1.3 PÓLEN.....	40
3.2 REGIÃO 2 NORTE DO BRASIL (NB)	44
3.2.1 CARVÃO.....	44
3.2.1.1 REGISTROS HISTÓRICOS	46
3.2.1.2 DADOS CLIMÁTICOS	47
3.2.2 ESPELEOTEMA	48
3.2.3 PÓLEN.....	49
3.3 REGIÃO 3A CENTRO OESTE DA AMÉRICA DO SUL (COAS).....	50

3.3.1 CARVÃO.....	50
3.3.1.1 REGISTROS HISTÓRICOS	52
3.3.1.2 DADOS CLIMÁTICOS	52
3.3.2 ESPELEOTEMA	53
3.3.3 PÓLEN.....	54
3.4 REGIÃO 3B CENTRO OESTE DA AMÉRICA DO SUL (COAS).....	57
3.4.1 CARVÃO.....	57
3.4.1.1 REGISTROS HISTÓRICOS	58
3.4.1.2 DADOS CLIMÁTICOS	59
3.4.2 ESPELEOTEMA	60
3.4.3 PÓLEN.....	60
3.5 REGIÃO 4 SUL E SUDESTE DO BRASIL (SSE)	62
3.5.1 CARVÃO.....	62
3.5.1.1 REGISTROS HISTÓRICOS	64
3.5.1.2 DADOS CLIMÁTICOS	65
3.5.2 ESPELEOTEMA	66
3.5.3 PÓLEN.....	67
3.6 REGIÃO 5 SUL ANDINO (SA)	69
3.6.1 CARVÃO.....	69
3.6.1.1 REGISTROS HISTÓRICOS	70
3.6.1.2 DADOS CLIMÁTICOS	71
3.6.2 PÓLEN.....	72
3.7 REGIÃO 6 TERRA DO FOGO (TF).....	76
3.7.1 CARVÃO.....	76
3.7.1.1 REGISTROS HISTÓRICOS	78
3.7.1.2 DADOS CLIMÁTICOS	79
3.7.2 PÓLEN.....	79
4. CONCLUSÕES	82
REFERÊNCIAS	84

1. INTRODUÇÃO

O Holoceno inicial pode ser caracterizado pelo aquecimento global tendo um aumento gradual da temperatura do ar e da precipitação em relação ao último máximo glacial (VIMEUX, 2009). Por consequência do aumento da radiação solar no hemisfério sul, foram constatadas, também, mudanças ecológicas nos ecossistemas como por exemplo, substituição de campos por florestas ciliares e aparecimento de chuvas na América do Sul (VIMEUX, 2009). Essa maior temperatura nessa época se deve a variações na insolação durante milênios sendo impulsionada pela precessão orbital da Terra (SMITH; MAYLE, 2018). Com isso, maiores frequências de chuvas ocorreram ao longo prazo nos biomas do continente, estes que, por sua vez, responderam a essas mudanças orbitais e a variabilidade do clima (SMITH; MAYLE, 2018).

Esse período marca também o início do aparecimento do homem moderno e o desenvolvimento das primeiras civilizações que se utilizaram do fogo para uma variedade de finalidades como: remover floresta para agricultura, pastagem, caça e proteção (SOUZA, 2005; GOWLETT *et al.*, 1981). Por exemplo, o sistema de cultivo Maia, na América do Sul, envolve a preparação da terra para plantio cortando a floresta, deixando a biomassa secar na estação quente e queimando-a antes do início da estação chuvosa (MATSCHULLAT, 2014).

O fogo é estudado na literatura, de acordo com sua ocorrência e ignição, sendo abordado em duas causas: natural ou antrópica. Para identificar as causas naturais do fogo, é necessário investigar os proxies (pólen e espeleotema), além de simulações do clima usando Modelos Climáticos de Circulação Geral (MCGs), (GANOPOLSKI, 2018) capazes de evidenciar as condições em que ocorrem os raios (BOWMAN *et al.*, 2011).

A ocorrência natural de fogo depende de combustão espontânea, como do acúmulo de matéria vegetal apodrecida e fermentada que então gera calor, choque entre pedras gerando faíscas (BOOYSEN; TANTON, 2012). Sabe-se que as condições ambientais são fundamentais para ocorrência e alastramento do fogo (SILVA *et al.*, 2016). No entanto, a ignição depende da ocorrência de um evento com grande descarga de energia que ocorre predominantemente por causas antrópicas como pequenas queimas que fogem do controle, ou naturais por meio de raios (BOWMAN *et al.*, 2011).

Nas florestas sazonais o fogo pode se inflamar e alastrar pelos raios, entretanto, a frequência de fogo aumenta quando o impacto humano está na região (MCMICHAEL; BUSH, 2019). Já, para identificar os locais que ocorreram o fogo, os depósitos de carvão vegetal provenientes da queima servem como testemunhos e datações do passado auxiliando assim na sua compreensão (HIGUERA *et al.*, 2014). O carvão vegetal é composto de carbono e tem sua origem pelo aquecimento da biomassa permitindo suposições sobre a gravidade do fogo, podendo assim, ser classificado de acordo com o tamanho das partículas em microscópicas e macroscópicas (CLARK, 1988). Esta divisão foi proposta a fim de estimar a proximidade do fogo ao local do estudo bem como da intensidade (CLARK, 1988).

Partículas grandes estão associadas a eventos de queima em áreas mais próximas às áreas de observação, por outro lado as partículas pequenas, geralmente, estão relacionadas a eventos de queima mais distantes do local onde estão os sedimentos das partículas (CRAWFORD; BELCHER, 2014). Para estimar a intensidade do fogo e avaliar a suscetibilidade do ambiente ao alastramento, deve-se avaliar então o número de partículas de carvão e a área de abrangência sendo possível identificar os eventos de fogo (GOSLING *et al.*, 2019; DANIAU *et al.*, 2012).

Na última década, registros de carvão em vários locais pelo mundo têm sido usado para verificar padrões na atividade de fogo (MARLON *et al.*, 2013). Ainda que o carvão vegetal seja encontrado em abundância em diversas regiões do continente, não se tem clareza sobre as causas do fogo nos últimos 12.000 anos. Nos trabalhos de (POWER *et al.*, 2008; DANIAU *et al.*, 2012; MCMICHAEL; BUSH, 2018) há indícios que o fogo aumentou durante o Holoceno junto a atividades antrópicas, entretanto, não se sabe com exatidão a relação desses fatores. Portanto, um estudo mais aprofundado dos registros arqueológicos é necessário para estabelecer a trajetória das ocupações e da mudança cultural ao longo do tempo. Nesse sentido, esta pesquisa pretende responder as seguintes questões: de que maneira se sucedeu a evolução do fogo e se corresponde assim ao fogo de origem antrópica.

Com base no exposto acima, o objetivo geral deste trabalho é identificar a ocorrência de fogo e suas causas (naturais e antrópicas) na América do Sul durante o Holoceno. Os objetivos específicos são: 1) quantificar a ocorrência de fogo em seis regiões da América do Sul; 2) avaliar as condições ambientais relacionadas a ocorrência natural do fogo; 3) avaliar os fatores associados a ocorrência antrópica do fogo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

A América do Sul está localizada entre as coordenadas 12°N e -55°S Lat. e -80°W e -10°W Long. Possui formas de relevo bem acidentadas sendo moduladas pela morfologia das paisagens caracterizadas por uma variedade de climas regionais relacionados de tal modo que possuem uma diversidade de biomas. Segundo Reboita (2010), a atuação dos sistemas atmosféricos em épocas distintas do ano contribui para várias condições climáticas no continente. Portanto, ao analisar a climatologia de precipitação e a temperatura do ar pelos dados do TraCE, (YEAGER *et al.*, 2006; OTTO-BLIESNER *et al.*, 2006) no continente ao longo do tempo, é possível compreender a propagação do fogo relacionando-a aos sistemas ambientais presentes em cada região (Figura 1A e 1B;1C;1D;). Através desta forma de análise, é possível selecionar regiões onde o clima se comporta de modo semelhante permitindo melhor seleção dos sítios de carvão para o estudo. A figura 1E apresenta áreas onde o clima se tornou mais seco (cor laranja) e mais úmido (cor azul).

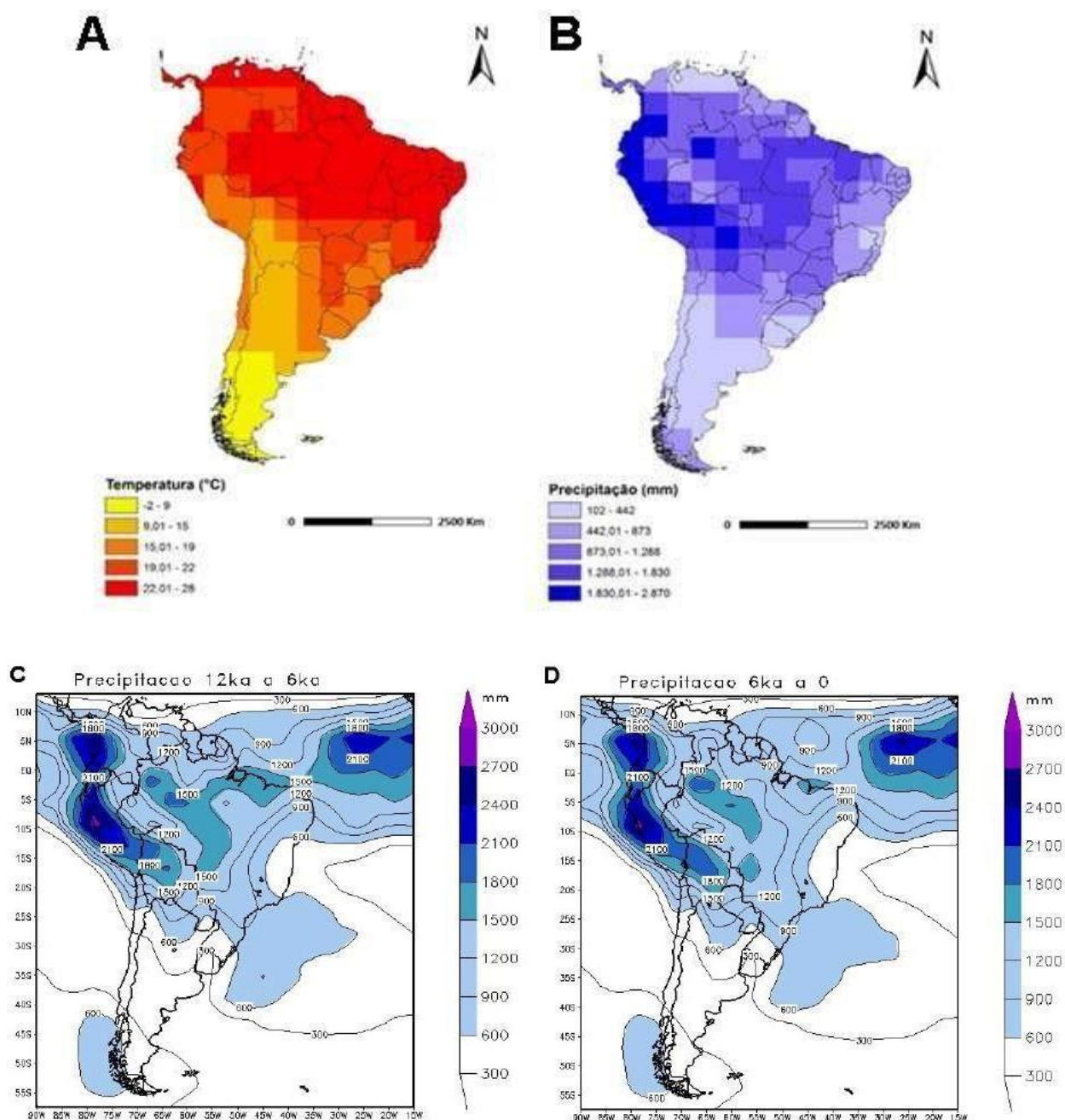


Figura 1 - (A). Média anual da temperatura do ar durante o Holoceno (0 a 12000 AP); (B) Precipitação anual durante o Holoceno na América do Sul (0 a 12000 AP). (C) Precipitação anual durante o primeiro período do Holoceno (P1) (PREC 12Ka - 6Ka). (D) Precipitação anual durante o segundo período do Holoceno (P2) (PREC 6Ka - 0).

Fonte de dados: National Center for Atmospheric Research.

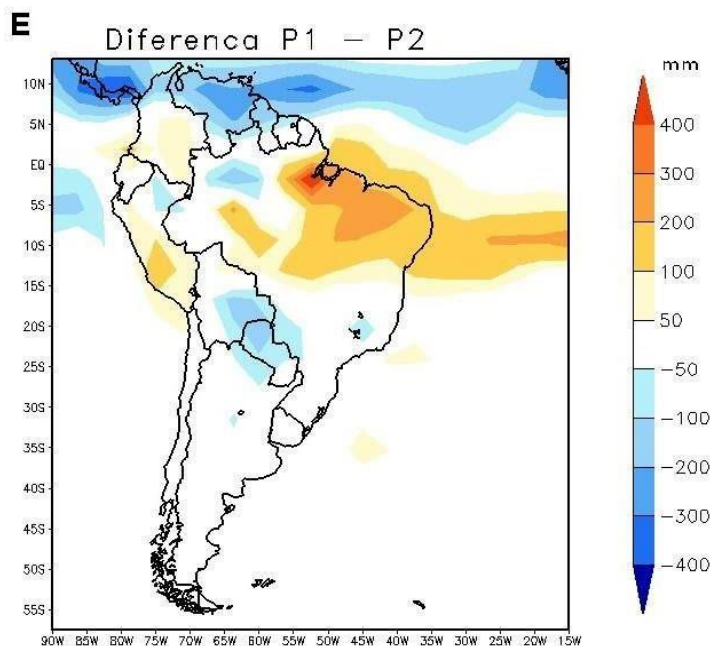


Figura 1 - (E) Diferença pluviométrica do primeiro e segundo períodos do Holoceno.
Fonte de dados: National Center for Atmospheric Research.

2.2 CARVÃO

2.2.1 DADOS UTILIZADOS

Para o estudo temporal e espacial do fogo na América do Sul é necessário analisar amostras de carvão espalhadas pelo continente que podem mostrar o comportamento do fogo no sistema climático. Os dados de carvão utilizados estão disponíveis no repositório online (<https://www.paleofire.org/>) organizado em conjunto com o Banco de Dados Global de carvão vegetal (GCD). Esses registros fósseis de carvão foram acessados e analisados por meio do pacote *paleofire* disponibilizados no repositório CRAN (*The Comprehensive R Archive Network*) para a plataforma do R. O *paleofire* possui um total de 98 registros de carvão na América do Sul e sua versão mais recente utilizada foi atualizada para a de V1.2.3. O pacote *paleofire* permite funcionalidades para extração e análise de dados de carvão tais como seleção dos locais e padronização (BLARQUEZ *et al.*, 2014).

2.2.2 TRATAMENTO DE DADOS

Foram compiladas um total de 63 amostras (sítios) de carvão fossilizado divididas em 6 grupos de acordo com a proximidade e clima sendo: (1) Norte Andino – NA (Região andina do Peru, Equador e Colômbia) com 10 sítios; (2) Norte do Brasil – NB com 9 sítios; (3A) Centro-oeste da América do Sul – COAS (Altiplano, região central, andes Bolivianos e Sul do Peru) com 5 sítios; (3B) Centro-oeste da América do Sul – COAS (Sudoeste da Amazônia e Leste Boliviano) com 6 sítios; (4) Sul e Sudeste do Brasil – SSe com 10 sítios; (5) Sul Andino – SA (entre Argentina e Chile) com 13 sítios; (6) Terra do Fogo – TF (Sul da América do Sul) com 9 sítios de carvão (Figura 2 e Tabela 1).

Neste trabalho, o período analisado foi o Holoceno 12.000 (AP), entretanto, existem sítios individuais de carvão que não apresentam dados e outros tem dados fora do período da pesquisa. Esses foram descartados, já os sítios que apresentam dados dentro do período em estudo foram mantidos incluindo aqueles que não tem a série completa.

Foram plotados gráficos para avaliar a dispersão do carvão vegetal, mostrando a quantidade de carvão ao longo do tempo. De acordo com (POWER *et al.*, 2008), os valores de carvão podem variar entre eles e dentro dos locais devido a concentrações e a espessura das partículas serem diferentes resultando assim numa análise incorreta. Por isso, a padronização mostrada a seguir foi necessária para facilitar o estudo do carvão e se apresentou conforme (POWER *et al.*, 2008) que elenca três etapas, para as seis regiões em análise: (1) organizar valores usando MinMax; (2) homogeneização da variância usando Box Cox; (3) organizar novamente os valores transformados em Z-scores (desvio-padrão).

Para calcular a média comum, os dados foram redimensionados em Z-scores para medir a dispersão do carvão ao longo do tempo, com base em desvio padrão. Para esse cálculo da média de uma região, um período base foi selecionado e o escolhido foi de 500-2000 cal anos Antes do Presente (AP) utilizado para todas as regiões pois, de acordo com Power *et al* (2008), o período definido deve ser curto para não excluir um grande número de registros das análises posteriores e pelo motivo de que os sítios de carvão individuais representam visualmente pelo menos 2000 anos de dados. O período definido não inclui os últimos 500 AP tendo em vista o impacto da colonização no continente apresentar influências antrópicas nos dados.

A técnica MinMax foi usada para homogeneizar os dados colocando-os numa mesma escala de análise permitindo assim que as amostras com diferentes valores sejam comparadas (POWER *et al.*, 2008). Essa técnica redimensiona os valores de carvão de um sítio, subtraindo o menor valor de carvão da série e dividindo pelo maior valor subtraído pelo menor valor. O resultado final dos valores de carvão irá variar entre 0 e 1 (Equação 1).

$$C_i = \left[\frac{(C_i - C_{\min})}{(C_{\max} - C_{\min})} \right] \quad (1)$$

Em que:

C_{\min} e C_{\max} = são valores mínimos e máximos, das séries de carvão, respectivamente.

C_i = valor MinMax transformado do último registro de carvão.

A fim de colocar os dados em uma distribuição normal, a técnica Box Cox suaviza a curva de carvão favorecendo assim uma homogeneidade dos dados. Essa técnica foi importante para dar estabilidade a variância (POWER *et al.*, 2008). A relação de condição é mostrada na equação:

$$c^*_i = \left[\frac{((c'_i + \alpha)^\lambda - 1)}{\lambda} \right] \text{ se } \lambda \neq 0; \text{ ou} \quad (2)$$

$$c^*_i = \log(c'_i + \alpha) \text{ se } \lambda \equiv 0$$

Em que:

c^*_i = valor transformado no Box Cox.

α é uma constante positiva no valor de 0,01 adicionado para não ter erros quando MinMax e λ é igual a zero.

λ = Parâmetro de transformação Box Cox

c'_i = valor do MinMax.

O cálculo para o Z-score é feito pelo valor médio do carvão padronizado em Box Cox menos o valor médio transformado em Box Cox e MinMax no intervalo entre 500 e 2000 AP (período base) dividido pelo desvio padrão no período base

novamente (POWER *et al.*, 2008) (Equação 3). Os valores médios do carvão vegetal em Z-scores foram calculados para cada amostra em intervalos de 500 anos.

$$z_i = \frac{(C_i^* - \bar{C}_{(2ka)})}{S_{C(2ka)}} \quad (3)$$

Em que:

C_i^* = valor transformado no Box Cox

$\bar{C}_{(2ka)}$ = média do MinMax e Box Cox

$S_{C(2ka)}$ = desvio padrão

2.2.3 LITIMITAÇÕES DO BANCO DE DADOS

Como os dados de carvão foram retirados de um único repositório (GCD) existem dados que apresentam resoluções insuficientes para reconstruir a história do fogo (MARLON *et al.*, 2015). Portanto são necessários estudos aprofundados de calibração para melhor entendimento da relação do carvão junto aos sistemas ambientais e condições climáticas (MARLON *et al.*, 2015). Para um estudo mais preciso seria necessário analisar a frequência de fogo, no entanto o conjunto dos dados deveriam ter resolução decadal que não é o caso do GCD (MARLON *et al.*, 2015). A média de carvão calculada de 500 em 500 anos estudou o fogo em larga escala sob um limiar definido pelo período base permitindo assim verificar os picos mais relevantes.

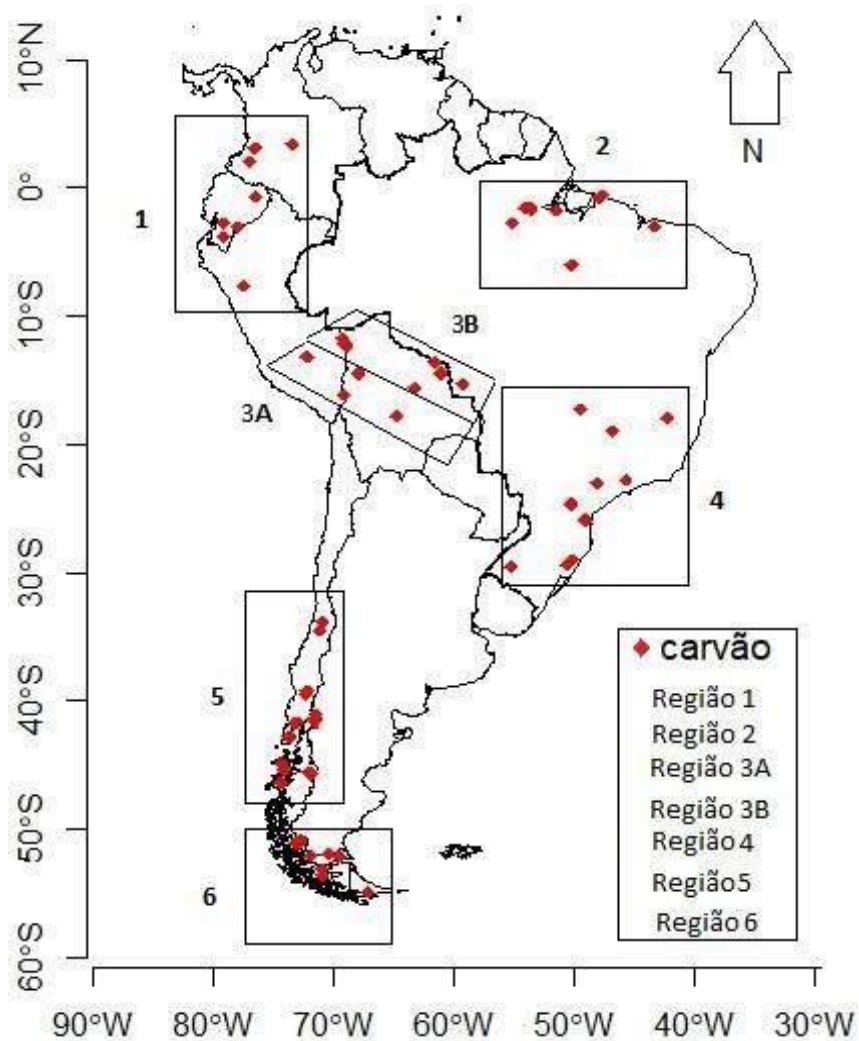


Figura 2 - Sítios de carvão compilados na América do Sul e recortes utilizados em proximidades. Fonte de dados: Blarquez *et al.* (2014).

Tabela 1 - Localização das regiões com sítios de carvão individuais.

Região	Sítio	Latitude	Longitude	Altitude	Publicação	Série de dados disponíveis	
Norte Andino -1	Lagoa das Margaritas	3.38	-73.43	290m	Willeet <i>et al</i> (2003)	0 a 11.000 AP	
	Quilichão-1	3.1	-76.51	1020m	Berrio <i>et al</i> (2002)	0 a 12.000 AP	
	La Teta-2	3.08	-76.53	1020m	Berrio <i>et al</i> (2002)	0 a 10.000 AP	
	El Patia-1	2.03	-77	760m	Velez <i>et al</i> (2005)	0 a 9000 AP	
	Maxus-Core5	-0.7	-76.45	3m	Athens& Ward (1999)	0 a 12.000 AP	
	Lagoa pallcacocha	-2.75	-79.16	4060m	Hansen <i>et al</i> (2003)	10000 a 12000 AP	
	Lagoa Chorreras	-2.75	-79.16	3700m	Hansen <i>et al</i> (2003)	7000 a 12000 AP	
	Surucucho	-3.06	-78	3180m	Colinvaux <i>et al</i> (1997)	0 a 12.000 AP	
	El tiro Bog	-3.84	-79.14	2810m	-	0 a 12.000 AP	
	Lagoa de Chochos	-7.63	-77.47	3285m	Bush <i>et al</i> (2005)	0 a 12.000 AP	
Norte do Brasil - 2	Lago Crispim	-0.62	-47.64	2m	Behling& Costa (2001)	0 a 8000 AP	
	Lagoa da Curuça	-0.76	-47.85	35m	Behling (2001)	0 a 12.000 AP	
	Santa Maria	-1.57	-53.6	17m	-	0 a 12.000 AP	
	Geral	-1.64	-53.59	130m	Bush <i>et al</i> (2000)	0 a 8000 AP	
	Saracuri	-1.67	-53.57	18m	-	0 a 9000 AP	
	Rio Curuá	-1.73	-51.45	3m	Behling& Costa (2000)	0 a 8000 AP	
	Lago Tapajós	-2.77	-55.08	15m	Bush <i>et al</i> (2007)	0 a 12.000 AP	
	Lagoa do Caçó	-2.97	-43.26	120m	Ledruet <i>et al</i> (2002)	0 a 12.000 AP	
	Carajás	-6	-50.16	250m	Cordeiro <i>et al</i> (2008)	0 a 8000 AP	
	Parker	-12.14	-69.02	276m	Bush <i>et al</i> (2007)	0 a 12.000 AP	
Centro-oeste da – 3A	Gentry	-12.17	-69.09	258m	Bush <i>et al</i> (2007)	0 a 8000 AP	
	Vargas	-12.37	-68.89	237m	Bush <i>et al</i> (2007)	0 a 8000 AP	
	Marcacocha	-13.21	-72.2	3355m	Chepstowet <i>et al</i> (1998)	0 a 4000 AP	
	Lagoa Bella Vista	-13.61	-61.55	191m	Mayleet <i>et al</i> (2000)	0 a 12.000 AP	
	Lago Cnaratan	-14.42	-67.92	330m	Urrego (2006)	0 a 12.000 AP	
	Lagoa Chaplin	-14.46	-61.06	225m	Mayleet <i>et al</i> (2000)	0 a 10.000 AP	
	América do Sul – 3B	Lago Santa Rosa	-14.47	-67.87	350m	Urrego (2006)	0 a 12.000 AP
		Pontes e Lacerda	-15.26	-59.21	260m	Gouveia <i>et al</i> (2002)	0 a 10.000 AP
		Yaguarú	-15.6	-63.21	195m	-	0 a 8000 AP
		Lago Titicaca	-16.13	-69.15	3810m	Paduano <i>et al</i> (2003)	0 a 12.000 AP

Tabela 1 - Localização das regiões individuais com sítios de carvão (continuação).

Região	Sítio	Latitude	Longitude	Altitude	Publicação	Série de dados disponíveis
Sul e Sudeste do Brasil - 4	Crominia	-17.27	-49.41	710m	Labouriau <i>et al</i> (1997)	4000 a 12000 AP
	Lagoa Nova	-17.95	-42.2	390m	Behling <i>et al</i> (2003)	0 a 12.000 AP
	Salitre	-19	-46.76	970m	Passenda <i>et al</i> (2004)	0 a 10.000 AP
	Morro de Itapeva	-22.78	-45.57	1850m	Behling <i>et al</i> (1997)	0 a 12.000 AP
	Botucatu	-23	-48	500m	Gouveia <i>et al</i> (2002)	0 a 8000 AP
	Serra Campos Gerais	-24.66	-50.21	1200m	Behling (1997)	0 a 12.000 AP
	Araçatuba	-25.91	-48.98	1500m	Behling (2007)	0 a 12.000 AP
	Cambará do Sul	-29.05	-50.1	1040m	Behling <i>et al</i> (2004)	0 a 12.000 AP
	Fazenda do Pinto	-29.4	-50.56	900m	Behling <i>et al</i> (2001)	0 a 5000 AP
	São Francisco de Assis	-29.58	-55.21	100m	Behling <i>et al</i> (2005)	0 a 12.000 AP
Sul Andino - 5	Lagoa Aculeo	-33.83	-70.91	360m	Martínez <i>et al</i> (2003, 2004)	0 a 8000 AP
	Taguatagua	-34.5	-71.16	200m	Heusser (1990)	0 a 12.000 AP
	Canal de Puntilla	-40.95	-72.9	120m	Moreno (1997)	0 a 12.000 AP
	Lago Trebol	-41.07	-71.49	758m	Whitlock <i>et al</i> (2006)	0 a 12.000 AP
	El Salto	-41.64	-73.09	67m	Moreno <i>et al</i> (1999)	0 a 12.000 AP
	Lago Condorito	-41.75	-73.11	60m	Moreno & León (2003)	0 a 12.000 AP
	Lago Mosquito	-42.49	-71.4	556m	Whitlock <i>et al</i> (2006)	0 a 10.000 AP
	Lepue	-42.8	-73.7	152m	-	0 a 12.000 AP
	Lagoa Lincoln	-45.36	-74.06	19m	Martínez <i>et al</i> (2012)	0 a 12.000 AP
	Lagoa Venus	-45.53	-72.01	600m	Szeicz <i>et al</i> (1998)	0 a 2000 AP
	Lago Pollux	-45.67	-71.86	640m	-	0 a 12.000 AP
	Lagoa Stibnite	-46.41	-74.4	15m	Martínez <i>et al</i> (2012)	1000 a 12000 AP
	Lagoa Six Minutes	-46.41	-74.33	15m	Martínez <i>et al</i> (2012)	0 a 12.000 AP
	Terra do Fogo - 6	Vega Nandú	-50.93	-72.76	200m	-
Torres delPaine 2		-51.08	-73.06	100m	Heusser (1995)	0 a 12.000 AP
Lago Guanaco		-51.13	-73.1	60m	-	0 a 4000 AP
PotrokAike		-51.96	-70.38	100m	Haberzett <i>et al</i> (2005)	0 a 1000 AP
Lagoa Azul		-52.12	-69.52	100m	Mayret <i>et al</i> (2005)	0 a 1000 AP
Rio Rubens		-52.13	-71.88	220m	Huber & Markgraf (2004)	0 a 12.000 AP
Punta Arenas		-53.15	-70.95	75m	Heusser (1995)	0 a 12.000 AP
Puerto delHambre		-53.6	-70.91	3m	McCulloch & Davies (2001)	0 a 12.000 AP
Puerto Haberton		-54.88	-67.16	20m	Heusser (1990)	0 a 12.000 AP

Fonte: O autor (2020)

2.3 PÓLEN

Para identificar as condições ambientais de cada região da América do Sul, os dados de pólen utilizados possuem elementos que representam as características da região de tal modo que nos permite inferir as variações climáticas através de abundância das espécies (WILLIAMS *et al.*, 2018). Os pólenes podem ser encontrados em lagos e pântanos registrando a mudança de vegetação em escalas

espaciais e temporais, além disso, as análises permitem identificar alterações causadas pela atividade humana (BRADSHAW, 2013).

2.3.1 TRATAMENTO DOS DADOS

Com objetivo de avaliar apenas as condições naturais regionais, os táxons considerados exóticos (*Polypodium*, *Selaginella*, *Cyathea*) foram retirados da análise assim como aqueles que reproduzem características locais como esporos e táxons de *Cyperaceae*. Os totais dos táxons restantes foram calculados em porcentagens divididos em gramíneas (*herbs*) e em florestas (*Trsh*) mantendo as cronologias dos dados de origem. A predominância de gramínea está relacionada com clima seco por outro lado a maior taxa de florestas está relacionado o clima úmido, deste modo será avaliado a ocorrência natural de fogo em uma determinada região.

Assim, os dados foram comparados com o período de atividade humana e a ocorrência de fogo. Analisando esses dados quantificados através da vegetação, constituem-se características paleoclimáticas das regiões no período do Holoceno verificando assim a quantidade de biomassa disponível para a queima.

2.3.2 DADOS UTILIZADOS

A rede de registros de pólen fóssil no Banco de Dados de Paleoecologia Neotoma pode ser encontrada no repositório online (<https://www.neotomadb.org/data/category/explorer>), tendo ampla rede de dados do mundo todo.

Foram selecionados um total de 83 sítios de pólen sendo divididos em 6 grupos correlatos aos dados de carvão, de acordo com a proximidade e características locais sendo: (1) Norte Andino – NA (Região andina do Peru, Equador e Colômbia) com 19 sítios; (2) Norte do Brasil – NB com 3 sítios; (3A) Centro-Oeste da América do Sul – COAS (Altiplano, região central, andes Boliviano e Sul do Peru) com 16 sítios; (3B) Centro-Oeste da América do Sul – COAS (Sudoeste da Amazônia e Leste Boliviano) com 4 sítios; (4) Sul e Sudeste do Brasil – SSe com 8 sítios; (5) Sul Andino – SA (entre Argentina e Chile) com 25 sítios; (6) Terra do Fogo – TF (Sul da América do Sul) com 8 sítios de pólen. A região 3 foi dividida em 2 sub-regiões para o lado oeste e para leste da cordilheira dos Andes, pois as condições

ambientais são homogêneas em cada lugar dividido caracterizando assim duas regiões distintas.

Para melhor visualização de cada site de pólen disponível em suas respectivas regiões, as coordenadas geográficas são demonstradas na (Figura 3 e Tabela 2).

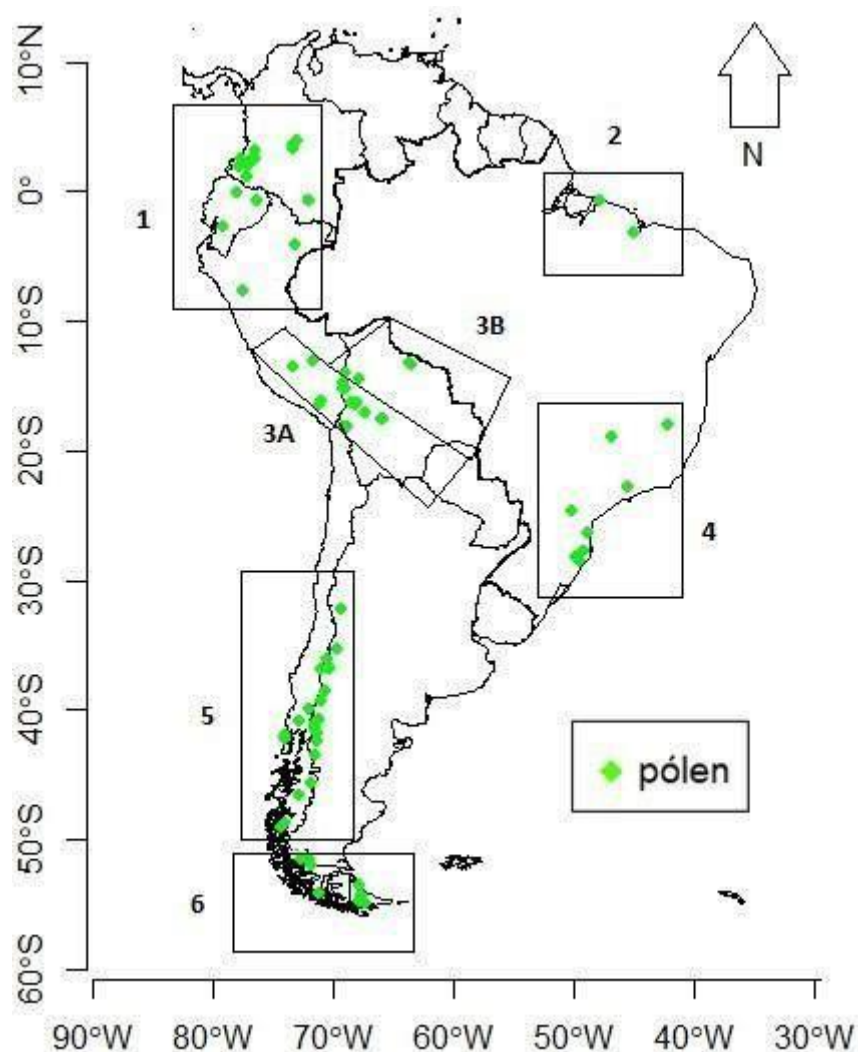


Figura 3 - Sítios de pólen selecionados na América do Sul e recortes utilizados em proximidades. Fonte de dados: Neotoma Paleocology Database.

Tabela 2 - Localização das regiões individuais com sítios de pólen.

Região	Sítio	Latitude	Longitude	Dados disponíveis	Publicação
Norte Andino - 1	Lagoa Margaritas	3.36	-73.4	0 a 12000	Wille <i>et al</i> (2003)
	Lagoa Loma Linda	3.3	-73.3	0 a 8700	Behling&Hooghiemstra (2000)
	Quilichão	3.1	-76.5	0 a 4000 e 10000 a 12000	Berrío <i>et al</i> (2002)
	La Teta	3.08	-76.5	0 a 10000	Berrio <i>et al</i> (2002)
	Pantano de Genagra	2.47	-76.6	0 a 2500	Behling <i>et al</i> (1998)
	Laguna el Caimito	2.44	-77.6	0 a 3600	Vélez <i>et al</i> (2001)
	Piagua	2.43	-76.7	0 a 12000	Wille <i>et al</i> (2001)
	Rio Timbio	2.3	-76.7	200 a 12000	Wille <i>et al</i> (2000)
	Protelillo	2.1	-77	0 a 9500	Carranza <i>et al</i> (2008)
	El Patia	2	-77.1	0 a 9000	Vélez <i>et al</i> (2005)
	Lagoa Piusbi	1.88	-77.9	0 a 5000	Behling <i>et al</i> (1998)
	Lagoa de la Cocha	1.07	-77.15	0 a 4000	Epping (1999)
	Cayambe	-0.03	-78.03	0 a 5000	Graf (1992)
	Maxus Core	-0.68	-76.4	0 a 10000	Athens& Ward (1999)
	Pantano Mônica	-0.7	-72.05	3800 a 12000	Behling <i>et al</i> (1999)
	Chorreras	-2.77	-79.1	0 a 12000	Hansen <i>et al</i> (2003)
	Lagoa Pallcacocha	-2.77	-79.2	9000 a 12000	Hansen <i>et al</i> (2003)
	San Jorge	-4.06	-73.19	0 a 2300	Kelly <i>et al</i> (2017)
	Chochos	-7.63	-77.47	0 a 12000	Bush <i>et al</i> (2005)
	Norte do Brasil - 2	Lago Caranã	-2.83	-55.04	0 a 4700
Lagoa da Curuça		-0.76	-47.85	0 a 12000	Behling (1996)
Lago do Aquiri		-3.16	-44.9	6000 a 7000	Behling& Costa (1997)
Ajata		-18.25	-69.2	0 a 2800	-
Amarete		-15.23	-68.98	0 a 9000	-
Calaconto		-17.56	-65.93	10000 a 12000	-
Cerro Calvario		-16.25	-68.5	4000 a 8000	-
Chacaltaya		-16.36	-68.15	0 a 11000	-
Cotapampa		-15.21	-69.1	0 a 11000	-
CumbreUnduavi		-16.35	-68.04	0 a 12000	-
Katantica	-14.8	-69.18	0 a 7700	-	
Lago Hunaimarca (Titicaca)	-16.26	-68.7	1000 a 3000 a 9000	Hanselman <i>et al</i> (2005)	
Centro-Oeste da América do Sul – 3A e 3B	Lagoa de Pacucha	-13.61	-73.31	0 a 12000	Valencia <i>et al</i> (2010)
	Lagoa Granja	-13.26	-63.7	0 a 6000	Carson <i>et al</i> (2014)
	Sajama	-18.1	-68.88	0 a 4500	-
	Rio Kaluiyo	-16.43	-68.13	7000 a 10000	-
	Nevado Sabancaya	-16.21	-71.08	0 a 9000	-
	Monte Blanco 2	-17.02	-67.35	0 a 8300	-
	Lago Santa Rosa	-14.4	-67.87	0 a 12000	Urrego <i>et al</i> (2013)
	Lago Refugio	-13	-71.7	0 a 12000	Urrego <i>et al</i> (2011)
	Lago Consuelo	-13.95	-68.99	0 a 5600	Urrego <i>et al</i> (2010)
	Lago Chalalan	-14.42	-67.92	0 a 12000	Urrego <i>et al</i> (2013)
	Lagoa Salinas	-16.4	-71.15	9000 a 12000	-
	Lagoa Oricore	-13.34	-63.5	0 a 5600	Carson <i>et al</i> (2014)

Tabela 2 - Localização das regiões individuais com sítios de pólen (continuação).

Região	Sítio	Latitude	Longitude	Dados disponíveis	Publicação
Sul e Sudeste do Brasil - 4	Itapeva	-22.78	-45.53	0 a 12000	Behling (1997)
	Serra do Rio Rastro	-28.55	-49.55	0 a 11000	Behling (1995)
	Serra Boa Vista	-27.7	-49.15	0 a 12000	Behling (1995)
	Campos Gerais	-24.6	-50.21	0 a 12000	Behling (1997)
	Salitre	-19	-46.76	2000 a 12000	Ledru (1993)
	Poço Grande	-26.41	-48.86	0 a 4800	Behling (1995)
	Morro da Igreja	-28.18	-49.86	0 a 10300	Behling (1995)
	Lago do Pires	-17.95	-42.21	0 a 9600	Behling (1995)
Sul Andino - 5	Canal de laPuntilla	-40.95	-72.9	10000 a 12000	Moreno <i>et al</i> (1999)
	VeranadaPelan	-36.88	-70.38	0 a 10000	-
	VeranaVulkanpickel	-36.68	-70.41	0 a 7700	-
	TempanoSur	-48.73	-74.03	10000 a 12000	Ashworth&Markgraf (1989)
	Serrucho	-41.75	-71.42	0 a 12000	Markgraf <i>et al</i> (2013)
	Salina 2	-32.25	-69.3	0 a 6500	Markgraf (1983)
	Salado	-35.33	-69.75	0 a 4300	Markgraf (1983)
	Puerto Éden	-49.13	-74.41	0 a 12000	Ashworth <i>et al</i> (1991)
	Primavera	-40.66	-71.18	1800 a 4300	-
	Moreno GlacierBog	-50.46	-73	0 a 9550	Mercer&Ager (1983)
	Mallin Vaca Lauquen	-36.85	-71.04	0 a 11000	Markgraf (1987)
	MallinPollux	-45.68	-71.83	0 a 12000	Markgraf <i>et al</i> (2007)
	MallinFontanito	-44.9	-71.56	0 a 12000	Nanavati <i>et al</i> (2019)
	Mallín Book	-41.33	-71.58	0 a 12000	Markgraf (1983)
	Lagoa Padre	-41.35	-71.5	0 a 4800	Iglesias <i>et al</i> (2014)
	El Treból	-41.07	-71.49	0 a 12000	Iglesias <i>et al</i> (2014)
	Lagoa Condor	-42.35	-71.28	0 a 10000	Iglesias <i>et al</i> (2014)
	Lago Theobald	-43.43	-71.56	0 a 12000	Iglesias <i>et al</i> (2014)
	Lago mosquito	-42.48	-71.39	10059	Iglesias <i>et al</i> (2012)
	Terra do Fogo - 6	Lago moreno	-41.05	-71.51	2000 a 12000
Lago Mascardi		-41.25	-71.46	0 a 9900	Markgraf (1983)
Lago HualaHué		-41.51	-71.5	0 a 12000	Iglesias <i>et al</i> (2014)
Lago Cardiel		-48.91	-71.22	0 a 10000	Markgraf <i>et al</i> (2003)
CuevaHaichol		-38.58	-70.66	0 a 6800	Markgraf (1988)
Caunahue		-40	-72	4300 a 12000	Markgraf (1991)
Yehuín		-54.33	-67.75	0 a 10000	Markgraf (1983)
Rio Rubens		-52.03	-71.8	0 a 12000	Markgraf& Huber (2010)
Paso Garibaldi		-54.71	-67.83	0 a 12000	Markgraf& Huber (2010)
Meseta Latorre		-51.51	-72.05	0 a 5000	Shabitz (1991)
Terra do Fogo - 6	La Mission	-53.5	-67.83	0 a 12000	Markgraf (1993)
	Isla Clarence	-54.2	-71.23	0 a 9500	Markgraf (1985)
	Harberton	-54.8	-67.29	0 a 12000	Markgraf (1993)
	Cueva Milodon	-51.5	-72.63	10000 a 12000	Markgraf (1985)

Fonte: O autor (2020)

2.4 ESPELEOTEMA

Diferentes tipos de espeleotemas (por exemplo, estalagmites e estalactites) são difundidos em ambientes de cavernas cársticas, e são usados principalmente para reconstruir climas passados, por causa de uma ordem estratigráfica bem definida (SURIC, 2018). A preservação desses proxies climáticos permite a investigação de mudanças climáticas passadas de modo sazonal (BERNAL *et al.*, 2011). Esses registros de alta resolução caracterizam a influência de padrões atmosféricos variando ao longo do tempo definida pela medição de isótopos estáveis de oxigênio (NOVELLO *et al.*, 2016). Os valores mais negativos dos isótopos correspondem a maior precipitação enquanto que valores mais próximos de 0 representam menor chuva (NOVELLO *et al.*, 2016).

2.4.1 TRATAMENTO DE DADOS

Para identificar as condições climáticas nos períodos (secos/úmidos), os registros de espeleotemas foram colocados em perspectiva para comparar os períodos de maior ou menor atividade de fogo natural. Ao todo foram selecionadas 8 amostras de espeleotemas na América do Sul.

2.4.2 DADOS UTILIZADOS

Os registros estão disponíveis no repositório online (<https://www.ncdc.noaa.gov/data-access/paleoclimatology/data/datasets/speleothem>).

Os dados de espeleotemas que se localizam em áreas correlatas ao carvão foram relacionadas respectivamente nessas quatro regiões: (1) Norte Andino – NA (Região andina do Peru, Equador e Colômbia) com 5 sítios (Caverna Diamante, Caverna Tigre perdido, caverna Condor e caverna Santiago); (2) Norte do Brasil – NB com 1 sítio (Caverna Paraíso); (3A) Centro-Oeste da América do Sul – COAS (Altiplano, região central, andes Bolivianos e Sul do Peru) com 1 sítio (Caverna Huagapo); (3B) Centro-Oeste da América do Sul – COAS (Sudoeste da Amazônia e Leste Boliviano) com 1 sítio (Pau'Alho); (4) Sul e Sudeste do Brasil – SSe com 1 sítio (Botuverá) (Figura 4 e Tabela 3).

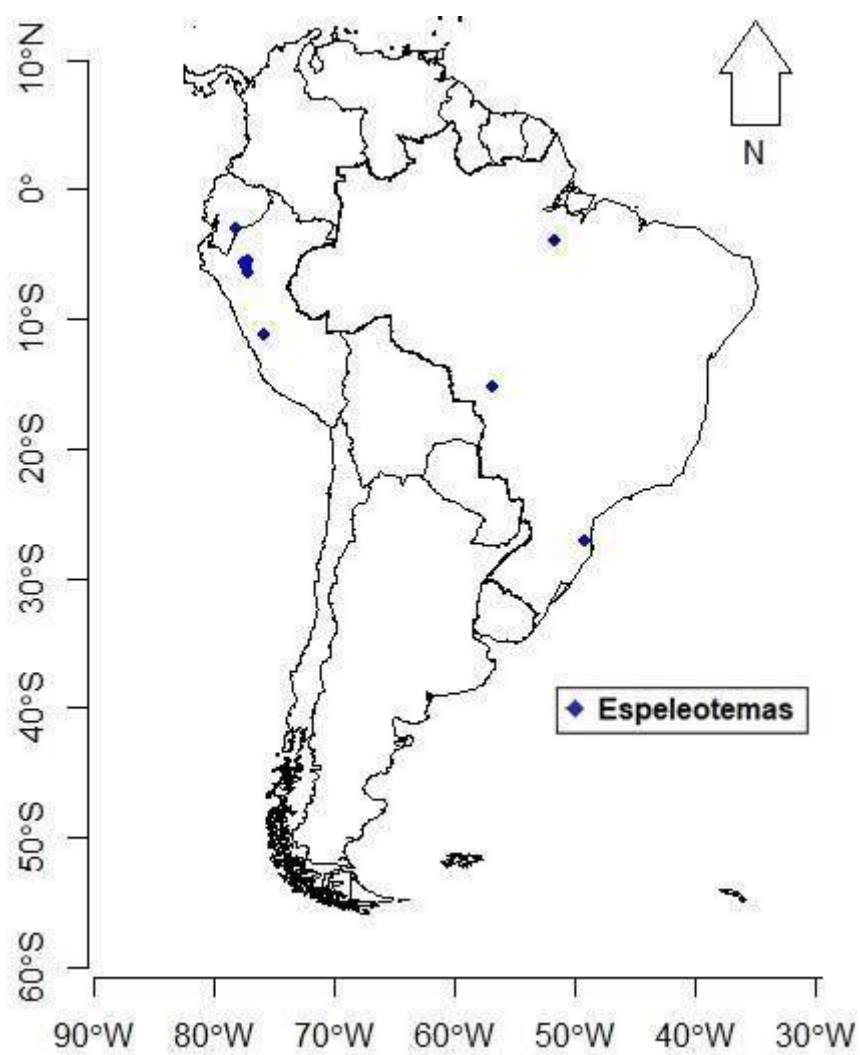


Figura 4- Sítios de espeleotemas selecionados na América do Sul.

Fonte de dados: Formerly the National Climatic Data Center.

Tabela 3 - Localização das regiões individuais com sítios de espeleotema.

Sítio	Latitude	Longitude	Dados disponíveis (AP)	Publicação
Caverna Santiago	-3.01	-78.13	6000 a 12000	Mosblech <i>et al</i> (2012)
Caverna Paraíso	-4.4	-55.27	11000 a 7000; 6000 a 0	Wang <i>et al</i> (2017)
Caverna Diamante	-5.73	-77.5	2000 a 12000	Cheng <i>et al</i> (2013)
Caverna Condor	-5.93	-77.3	0 a 12000	Cheng <i>et al</i> (2013)
Caverna Tigre Perdido	-5.94	-77.3	0 a 12000	Shah <i>et al</i> (2012)
Caverna Huagapo	-11.27	-75.79	0 a 7000	Kanner <i>et al</i> (2013)
Caverna Pau d'Alho	-15.2	-56.81	600 a 1800	Novello <i>et al</i> (2016)
Caverna Botuverá	-27.22	-49.16	0 a 12000	Cruz <i>et al</i> (2005); Bernal <i>et al</i> (2016)

Fonte: O autor (2020)

2.5 REGISTROS HISTÓRICOS

2.5.1 DADOS UTILIZADOS

Os sítios arqueológicos encontrados no mundo revelam características de determinados povos de determinada época devido aos instrumentos encontrados como ferramentas fabricadas para suprir necessidades dos povos, além de fósseis humanos (NEVES *et al.*, 2003). Evidências de ocupação humana estão presentes dentro da literatura que revelam datas dos primeiros homens que chegaram na América Latina, bem como seu período de migração ao longo dos anos.

2.5.2 TRATAMENTO DE DADOS

Através dos sítios foi possível buscar ocupações humanas por meio da literatura especializada para explorar a relação entre as atividades humanas e a alternância no regime do fogo durante o Holoceno. Ao todo, foram selecionados 19 pontos onde iniciaram as primeiras ocupações conforme (LAYAHE *et al.*, 2013) de acordo com cada região em que foi utilizado (Figura 5 e tabela 4). Para diferenciar a origem do fogo por meio natural ou antrópico, analisou-se o período inicial dessas ocupações relacionando-o posteriormente a outras datas de migração das populações, como é possível observar no gráfico de carvão destacando a interferência no regime de fogo. Os artigos referentes a cada sítio arqueológico estão disponíveis nas referências e mencionados nos resultados, numerados de acordo com a sua região respectivamente como: (1a, 1b, 2a, 3a1, 3b1, 4a, 5a, 6a). No decorrer da pesquisa foram encontrados um número maior de outros artigos que

relatam com mais detalhes a trajetória humana revelando assim fatores associados a ocorrência do fogo para caracteriza-los então em fogo de origem antrópica.

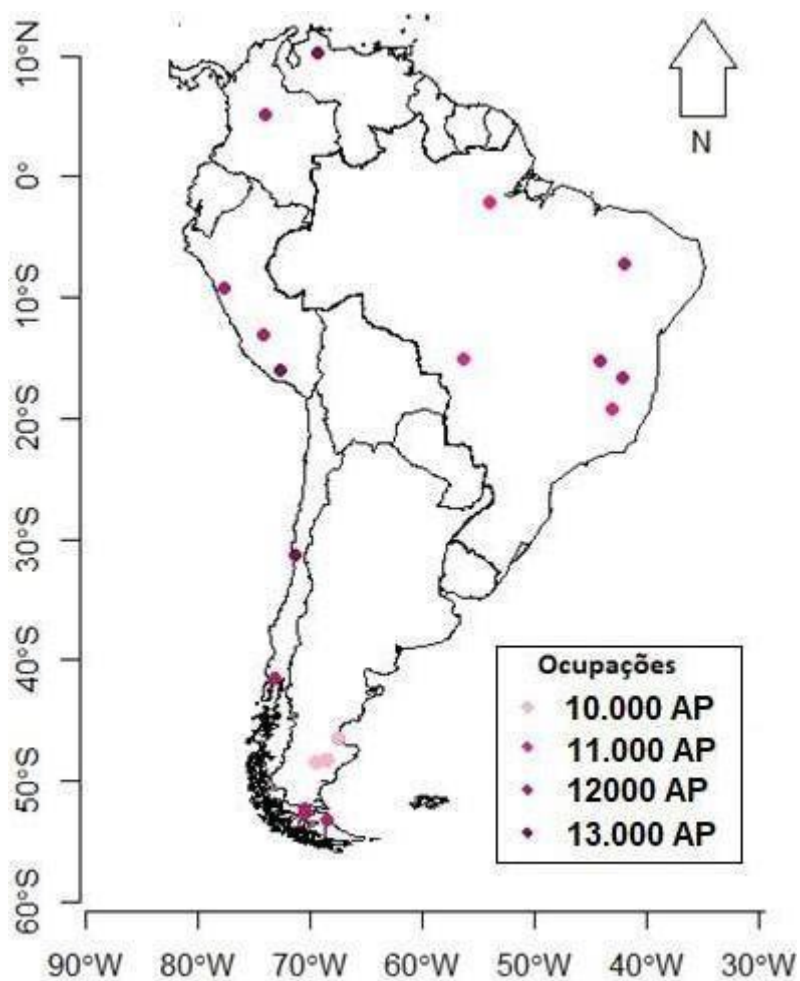


Figura 5- Sítios arqueológicos selecionados na América do Sul.

Fonte de dados: Layahe *et al* (2013).

Tabela 4 - Localização dos sítios arqueológicos individuais com datas de ocupações.

Região	Sítio Arqueológico	Latitude	Longitude	Início das ocupações	Publicação
Norte Andino	Taimataima	11.25	-69.4	13.000 AP	Bryan <i>et al</i> (1978)
Norte Andino	El Abra Rockshelter	5.1	-73.95	12.000 AP	Aceituno <i>et al</i> (2013)
Norte do Brasil	Pedra Pintada	-2.07	-54.06	11.000 AP	Roosevelt <i>et al</i> (1996)
Norte do Brasil	Toca da tira peia	-8.8	-42.35	12000 AP	Lourdeau (2019)
Norte Andino	Guitarrero Cave	-9.2	-77.7	12.000 AP	Lynch <i>et al</i> (1985)
Centro-Oeste da América do Sul	Pikimachay-flea	-13.04	-74.22	12.000 AP	Chapman (1994)
Centro-Oeste da América do Sul	Santa Elina	-15.14	-56.29	11.000 AP	Vialou (2019)
Sul e Sudeste do Brasil	Lapa do Boquete	-15.29	-44.21	11.000 AP	Dillehay <i>et al</i> (1992)
Centro-Oeste da América do Sul	Quebrada Jaguay	-16.3	-73.6	13.000 AP	Sandweiss <i>et al</i> (1996)
Sul e Sudeste do Brasil	Santana do Riacho	-19.16	-43.71	12.000 AP	Neves <i>et al</i> (2003)
Sul e Sudeste do Brasil	Alice Boer	-22.24	-47.33	12000 AP	Dillehay <i>et al</i> (1992)
Sul Andino	Quebrada Santa Julia	-31.29	-71.29	13.000 AP	Jackson <i>et al</i> (2007)
Sul Andino	Monte Verde	-41.5	-73.2	12.000 AP	Dickinson (2011)
Sul Andino	Piedramuseo	-46.48	-67.58	10.000 AP	Civarelo & Franco (2003)
Sul Andino	Casa del Minero	-48.24	-68.51	10.000 AP	Civarelo & Franco (2003)
Sul Andino	Los Toldos cueva	-48.49	-69.48	10.000 AP	Civarelo & Franco (2003)
Terra do Fogo	Fell's Cave	-52.3	-70.5	12.000 AP	Waters <i>et al</i> (2015)
Terra do Fogo	Cueva lago sofia	-52.7	-70.5	12.000 AP	Mancini <i>et al</i> (2013)
Terra do Fogo	Três Arroyos	-53.23	-68.47	12.000 AP	Steele & Politis (2009)

Fonte: O autor (2020)

2.6 DADOS CLIMÁTICOS

A simulação feita pela National Center for Atmospheric Research (NCAR/NOAA), para simular o clima desde o último máximo glacial, utilizando o modelo CCM3, revela sensibilidades climáticas diferentes em diversas regiões do planeta (NCAR, 2011). Para essa simulação o modelo foi utilizado em duas resoluções: uma baixa e outra moderada (OTTO-BLIESNER *et al.*, 2006). Na resolução mais alta são executados dados em escala de centenas de anos e o de baixa o CCM3 executa mais rápido o processamento de dados investigando o clima mais detalhadamente (OTTO-BLIESNER *et al.*, 2006). É necessário um estudo documentado para compreender mudanças na temperatura dos oceanos, precipitação e camadas de gelo ao comparar o clima passado (OTTO-BLIESNER *et al.*, 2006).

2.6.1 DADOS UTILIZADOS

O conjunto de dados de saída fornecidos por essa simulação apresentam as variáveis meteorológicas que foram desenvolvidas no projeto Trace 21 (ka) ou 21.000 anos AP. Esses dados de saída do modelo estão disponíveis para download no repositório (<http://www.cgd.ucar.edu/ccr/TraCE/>).

2.6.2 TRATAMENTO DE DADOS

Foram utilizadas as variáveis de temperatura e precipitação dos últimos 12000 anos (AP). Esses dados do Trace foram plotados em cada uma das 6 regiões da América do Sul onde há registros de carvão para demonstrar a possibilidade de existência de fogo pelo clima ser mais úmido ou seco.

Os dados baixados estavam em conjunto desde o último Máximo glacial (UMG) de modo que, foi necessária a filtragem desses dados utilizando o *Climate Data Operator* (CDO) na plataforma do Linux (SANTOS, 2014) e, posteriormente, selecionando somente os dados para o período Holocênico.

Definiu-se uma média do total anual por região para cada 200 anos na temperatura do ar e da precipitação para demonstrar o comportamento anual de ambas as variáveis ao longo de 12000 anos para comparar assim com a curva de carvão.

Para análise dos dados climáticos com mais exatidão relacionando-os à frequência do fogo, foi necessário separar mais uma vez os dados da precipitação em estação seca e chuvosa para verificar a sazonalidade presente dentro de cada região do continente. A realização dessa separação exigiu a soma do total de chuva dentro de cada estação e, posteriormente, uma média para cada 50 anos verificando assim uma maior variabilidade dos dados.

A região 6 (Terra do fogo), tem valores de precipitação muito próximos não sendo feita essa divisão pois conclui-se que a região não apresenta sazonalidade bem definida. Para comparar a sazonalidade, foram calculadas as médias mensais de todos os meses ao longo de 12000 anos tornando mais fácil a separação de acordo com o clima por regiões. A cor azul com (+) representa os maiores valores de chuva apresentando assim o período chuvoso enquanto a cor laranja com (*) mostra os menores acumulados de chuva caracterizando então o período seco. Os maiores valores da precipitação mostram a soma das médias mensais por regiões caracterizando mais detalhadamente qual região é mais chuvosa (Tabela 5).

Tabela 5 - Médias mensais da precipitação (mm) de todas as regiões da América do Sul durante o Holoceno.

Meses	Norte Andino	Norte do Brasil	Centro Oeste (3A)	Centro Oeste (3B)	Sul e Sudeste do Brasil	Sul Andino	Terra do Fogo
Janeiro	90.318 *	136.91 +	164.72 +	290.64 +	144.06 +	21.48	44.04
Fevereiro	130.69 *	147.71 +	199.57 +	271.46 +	121.82 +	23.85	49.75
Março	191.78	159.76 +	183.61 +	206.67 +	84.64 +	24.95	49.86
Abril	238.06	147.32 +	93.81 +	73.78 +	48.1 +	29.85	47.72
Maió	225.02	106.15	31.29	13.49	29.84	36.73 +	45.28
Junho	198.57	67.34 *	14.3 *	6.54 *	23.29 *	36.78 +	45.21
Julho	222.11	52.53 *	5.75 *	2.65 *	21.47 *	36.46 +	49.52
Agosto	270.23 +	62.91 *	24.79 *	6.95 *	19.45 *	32.19 +	50.43
Setembro	298.50 +	79.15 *	118.07 *	73.52 *	24.88 *	23.79 *	49.68
Outubro	279.88 +	109.29	210.2	241.78	52.94	17.81 *	45.77
Novembro	182.30 * +	122.67	203.32	298.23	96.58	14.53 *	41.04
Dezembro	101.16 *	126.73	157.18	290.32	130.74	15.89 *	38.56
Soma médias mensais	2428.69	1318.47	1406.61	1776.03	797.81	314.31	556.86

Fonte: O autor (2020)

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 REGIÃO 1 NORTE ANDINO (NA)

3.1.1 CARVÃO

Os resultados demonstram a quantidade de carvão para a região andina do Peru, Equador e Colômbia da América do Sul. As alterações nos valores de carvão são definidas como anomalias positivas e anomalias negativas, ou seja, depreende-se que o carvão vegetal esteve abaixo ou acima da quantidade do período base adotado de 500-2000 AP. A quantidade de carvão é relacionada a intensidade de fogo em que valores acima de 0 representam maior abundância de carvão tendo maior frequência de fogo enquanto que a menor abundância de carvão revela menor frequência de fogo (figura 6).

De acordo com a (figura 6), o carvão vegetal possui valores anômalos negativos durante o Holoceno que apresentam tendência a ficar na média de 500-2000 AP, respectivamente, nos anos 6700, 5500 e 4500 AP, ultrapassando a durante o Holoceno tardio (últimos 2500 AP). O carvão adquire valores anômalos positivos definitivamente nos últimos 500 AP caracterizando assim um aumento do fogo na região (figura 6).

Durante o Holoceno inicial, um evento frio e úmido, *Younger Dryas* é discutido por (WENG *et al.*, 2006; BUSH *et al.*, 2005) ocorrido em 12.600 – 11.500 AP. Esse evento corresponde à curva de carvão entre esse período estando com anomalias negativas, indicando que o clima diminuiu a quantidade de carvão da região.

Em 5000 AP e 3000 AP, o decréscimo da quantidade de carvão coincide com a migração ao sul da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) aumentando a precipitação conforme é mostrado em (WILLE *et al.*, 2003).

Entre os anos de 8000 e 9000 AP nos sítios de Lagoa de Chochos e Lagoa Pallcacocha é mostrado em (BUSH *et al.*, 2005) que o clima, durante o Holoceno inicial, foi mais seco com maior sazonalidade. No entanto a frequência de fogo diminuiu mostrando que o clima não estava mais seco (figura 6).

Resultados encontrados por (HANSEN *et al.*, 2003; WILLE *et al.*, 2003; BERRÍO *et al.*, 2005) relatam que a frequência de carvão aumentou na Lagoa Chorreras, Lagoa Chochos e Maxus Corea partir de 7500 AP e em Surucucho em 5900 AP ao presente devido a perturbações antropogênicas. Nos últimos 2000 AP

os sítios de El Patia, La Teta, Quilichão e Lagoa das margaritas são relatados a intensificação do impacto humano (VÉLEZ *et al.*, 2005; BERRÍO *et al.*, 2002; WILLE *et al.*, 2003). Esses resultados mostrados em decorrência da ação humana nos últimos 2000 AP são confirmados na figura 6 onde é mostrado que em 2500 AP e 500 AP tem fogo acima da média.

Conclui-se que o carvão, ao longo do Holoceno, apresenta-se com queima mais propícia devido a sua alta concentração e que tende a aumentar ao longo do tempo (figura 6).

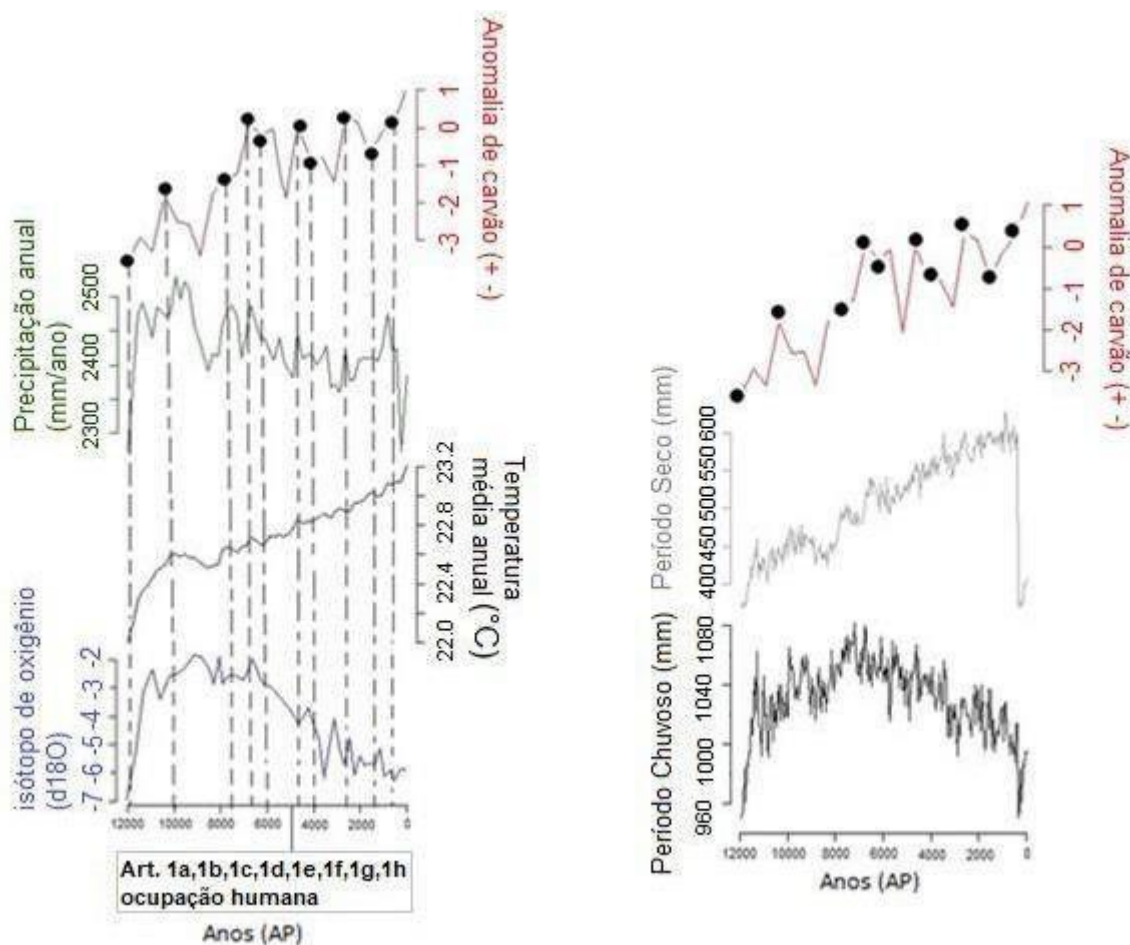


Figura 6 – Quantidade de carvão; precipitação anual; Temperatura média anual, Espeleotema (caverna Tigre Perdido) (d18O), linha tracejada com pontos pretos mostram a datação de ocupação humana, comportamento climático durante o período chuvoso, comportamento climático durante o período seco.

3.1.1.1 REGISTROS HISTÓRICOS

O começo das ocupações do norte Andino é datado por volta de 12000 AP quando descobertas revelaram que amostras de carvão da região eram

provenientes de fogueiras (ACEITUNO *et al.*, 2013; LYNCH *et al.*, 1985). A influência da ocupação para esta data condiz com o primeiro pico de carvão em 12000 AP (figura 6). As migrações de populações em busca de alimento continuaram pela região e o segundo pico de carvão maior mostra um aumento da atividade do fogo em 10000 AP condizendo com a segunda datação de ocupação (SALGADO, 1995; GNECCO; MOHAMINED,1994).

Os primeiros alimentos produzidos por humanos usaram o sistema de corte e queima inferido a partir dos dados de carvão na região (PIPERNO *et al.*, 1990). Em 7890 AP e 7000 AP o aumento de carvão está associado ao pré cultivo de milho relacionado a ocupações humanas o que pode ter favorecido o aumento de fogo (PIPERNO *et al.*, 1990; PIPERNO *et al.*, 2011).

Nos anos 6500 AP, 6000 AP, as ocupações persistem fazendo com que a intensificação tanto demográfica como agrícola, a partir de 2500 AP torna-se mais evidente (PIPERNO *et al.*, 2011).

Foram encontradas ferramentas de pedra em 4000 AP e 4500 AP, ossos de humanos e grandes mamíferos que podem ter sido utilizados pela caça desses habitantes além da maior quantidade de carvão (CHURCH, 1996). Portanto baseado nos registros históricos os pontos em 12000 AP, 10000 AP, 7890 AP, 7000 AP, 6500 AP, 6000 AP, 4500 AP, 4000 AP, 2500 AP, 1000 AP e 500 AP mostram a trajetória humana na região e o fogo antrópico (figura 6). A crescente taxa de carvão acompanha os pontos onde as ocupações estiveram presentes ao longo do tempo.

3.1.1.2 DADOS CLIMÁTICOS

De acordo com os dados do Trace – 21 (Ka), a temperatura média aumentou 1,2 ° C desde o Holoceno inicial condizendo com o aumento na quantidade de carvão, indicando que a insolação anual pode ter influenciado (figura 6). A região 1 é a mais chuvosa da América do Sul, tendo seu volume pluviométrico entre 2300 e 2500 mm.

O dado de precipitação anual não mostra um aumento gradual como da temperatura, mas coincide no ano de 9000 AP com um decréscimo de chuva e estabilidade da temperatura média em 22,5 ° C. O resultado proposto por (BUSH *et al.*, 2005) mostra clima seco nessa época o que não corresponde a diminuição de carvão encontrado no gráfico de carvão (figura 6). Após essa queda na precipitação

anual (linha verde), a tendência revela diminuir ao longo do tempo e somente em 500 AP tem queda expressiva na precipitação como observado em 12000 AP.

De acordo com os dados do período seco (novembro, dezembro, janeiro e fevereiro) demonstra que, em 12000 AP, a precipitação total era de 400 mm e no período chuvoso (agosto, setembro, outubro e novembro) de 900 mm.

Em 10000 AP, o aumento da precipitação nos dois períodos revela que o clima estava mais úmido e a quantidade de carvão se mostra em elevação, em relação ao período anterior o que caracteriza maiores eventos de fogo (figura 6).

Em 9000 AP, o período seco apresenta queda expressiva na chuva. Todavia um leve aumento da precipitação no período chuvoso faz com que a frequência de fogo diminua (figura 6).

Em 7000 AP, foi a época que mais choveu dentro do período chuvoso com valores de 1080 mm, enquanto que, no período seco, o aumento da chuva se torna evidente ultrapassando os 500 mm. Nesta época a quantidade de carvão está em elevação e atinge a média (500-2000 AP) revelando que as ocupações já estavam dominando o ambiente como é mostrado em (PIPERNO *et al.*, 1990).

Em 5000 AP, o clima estava mais úmido o que pode ter relações com o posicionamento mais ao sul da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) proposto por (WILLE *et al.*, 2003) afetando a diminuição do fogo (figura 6).

Em 3000 AP, o período seco permanece em aumento contínuo. Porém, no período chuvoso, a precipitação tem queda com valores abaixo de 1000 mm com fogo abaixo da média.

Em 2500 AP e 2000 AP, o período chuvoso volta a aumentar, como também o carvão que aumentou sua quantidade ultrapassando a média indicando fogo elevado.

Em 1000 AP, a frequência de fogo diminuiu enquanto no período seco atinge 570 mm anual e no período chuvoso permanece acima de 1000 mm por ano.

Em 500 AP, o período seco atinge seu ápice de 600 mm por ano e depois desse período o clima volta a ter condições climáticas atuais sendo que o máximo de chuva na região durante o período chuvoso é de 1000 mm e durante o período seco em 400 mm por ano (figura 6).

A separação da precipitação anual em períodos secos e chuvosos foi primordial para o entendimento mais detalhado dessa variável na relação de fogo. Os anos que correspondem a ocupações humanas mostraram que mesmo com o

clima úmido a quantidade de carvão aumenta enquanto que o clima úmido que faz a diminuição do fogo é caracterizado de origem natural.

3.1.2 ESPELEOTEMA

No espeleotema de Tigre Perdido, durante o Holoceno inicial e no começo do médio (12000 a 7000 AP), os valores de isótopos de oxigênio ($\delta^{18}O$) tendem a aumentar de -7‰ a -2‰ revelando um clima mais seco para a região 1. Já em 6000 AP os valores do isótopo diminuem indicando clima úmido até o presente (figura 6).

Esses resultados mostram uma variação climática durante o Holoceno causada pela força orbital da Terra (precessão) influenciando assim na migração da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) aumentando a precipitação na região 1 (BREUKELLEN *et al.*, 2008). Esse resultado corresponde também às amostras de Caverna Santiago e Caverna Diamante.

Na caverna Condor, embora não represente uma queda esperada do Holoceno médio, os valores menores são notados com maior frequência (figura 7).

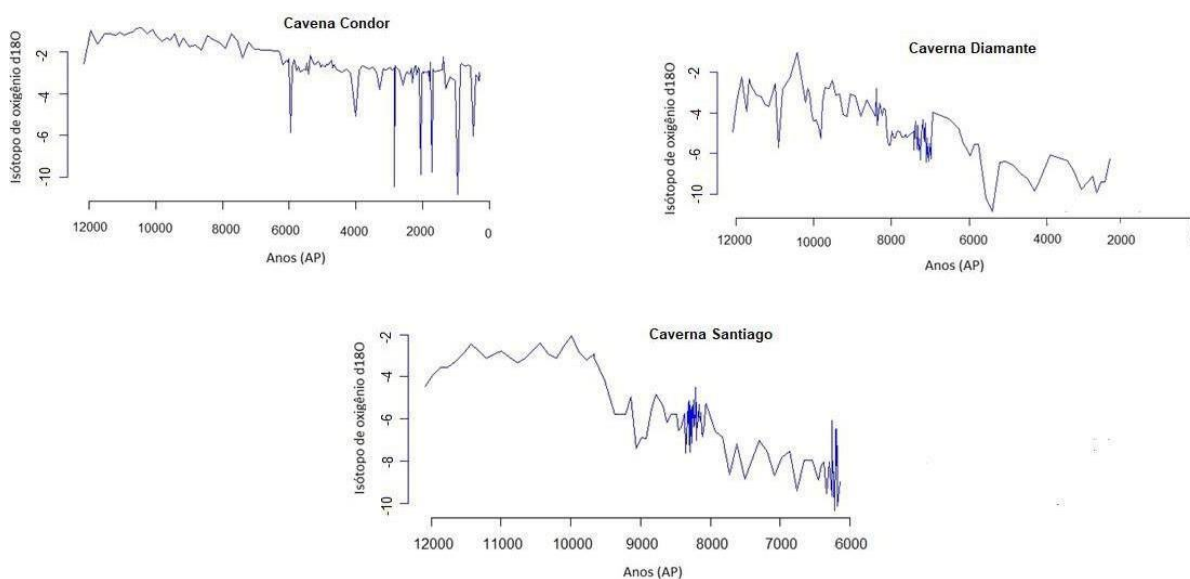


Figura 7 – Sítios individuais de espeleotemas da região 1.

3.1.3 PÓLEN

Os 19 sítios de pólen da região 1 apresentam a taxa da vegetação em porcentagem de 0 a 100% entre gramíneas e florestas. De acordo com cada sítio, em 6 amostras de pólen (El Caimito, Piusbi, Pântano Monica, San Jorge, Maxus Core e Chochos), o ambiente que predominava era a vegetação de florestas,

principalmente no Holoceno tardio (últimos 3000 AP) (figura 8). Estes resultados mostram uma alteração para condições mais úmidas nesses sítios, provavelmente com uma estação seca anual menor (BEHLING; HOOGHMSTRA, 1998).

Por outro lado, outros 13 sítios (Rio Timbio, Quilichão, Piagua, Pantano de Genagra, Pallcacocho, Loma Linda, Laguna lãs Magaritas, laguna de la cocha, La Teta, El Patia, Chorreras, Cayambe e Protellilo) revelam que a gramínea dominou o Holoceno inicial caracterizando condições mais secas (figura 9).

Registros de paleovegetação mostram que durante os últimos 6000 AP a umidade ficou estável, o que pode ter aumentado a quantidade de gramíneas (SMITH; MAYLE, 2018). No entanto, para ocorrer uma estação seca bem pronunciada, os níveis de precipitação devem diminuir fazendo com que altere um bioma por completo. Mas como a região é muito chuvosa uma estação seca longa se torna difícil de ocorrer devido à grande disponibilidade de umidade e fatores como evapotranspiração e transpiração que estão presentes na Amazônia (SMITH; MAYLE, 2018).

Os registros paleoclimáticos revelam ainda que essa região pode ter sido um pouco mais seca durante o Holoceno médio (SMITH; MAYLE, 2018). Os sítios em La Teta, Laguna las Margaritas, Cayambe, Loma Linda e El Patia as gramíneas que predominaram podem ser consequência do impacto humano substituindo a vegetação de florestas por pelo menos 2000 AP, como dito em (BEHLING; HOOGHMSTRA, 2000; BEHLING *et al.*, 1998) (figura 9). A frequência de fogo associada a disponibilidade de carvão para a região 1 com a vegetação de gramíneas favoreceu a frequência de fogo, ao longo do Holoceno.

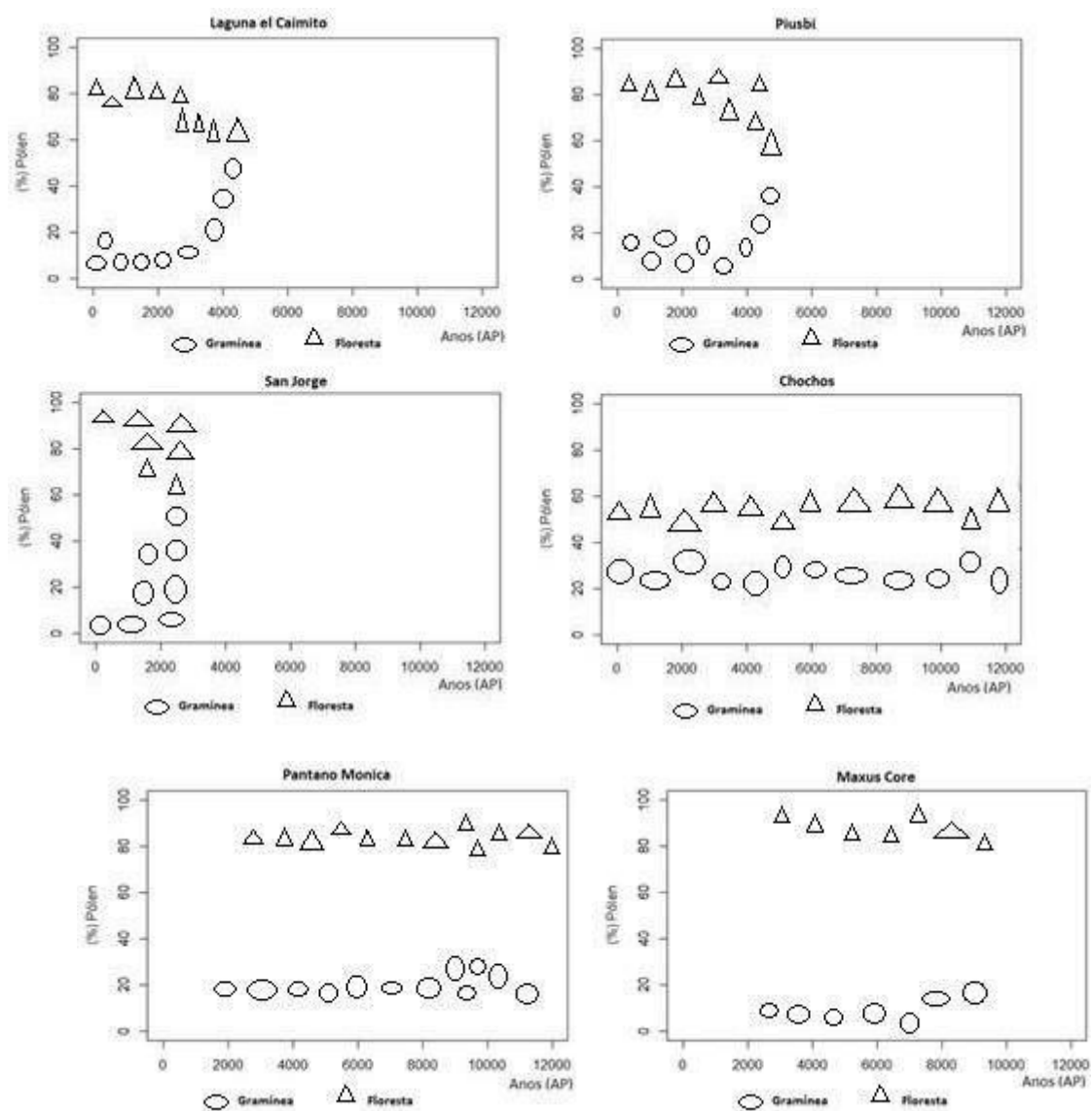
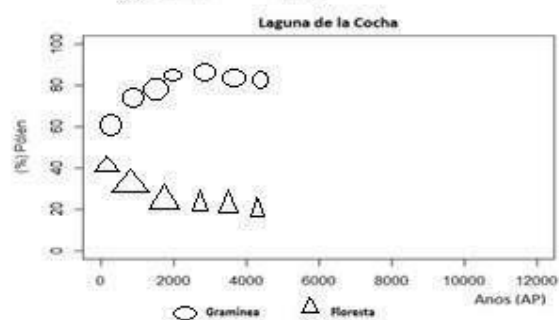
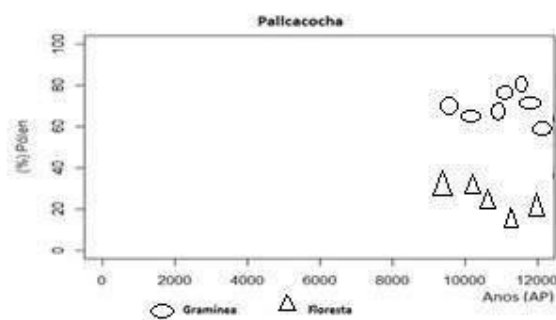
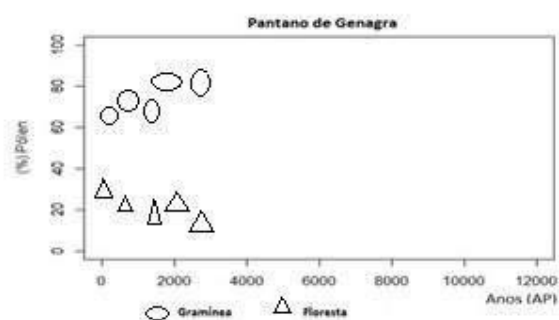
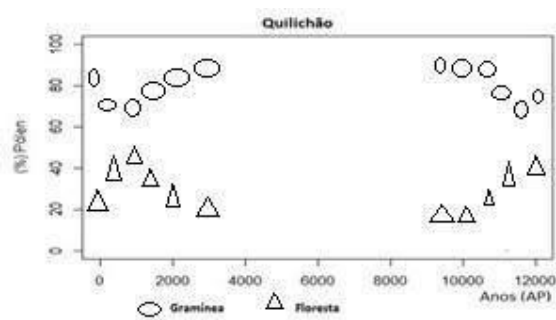
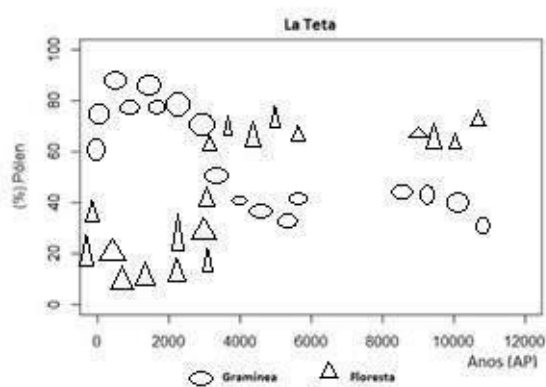
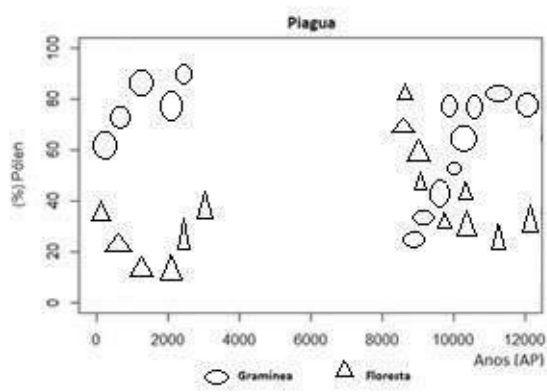
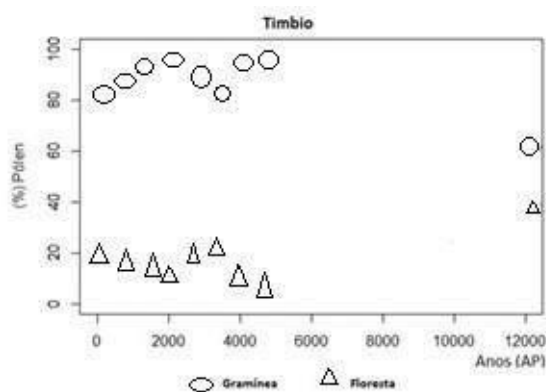


Figura 8 - Sítios de pólen em porcentagens (%) de gramíneas em relação à floresta.



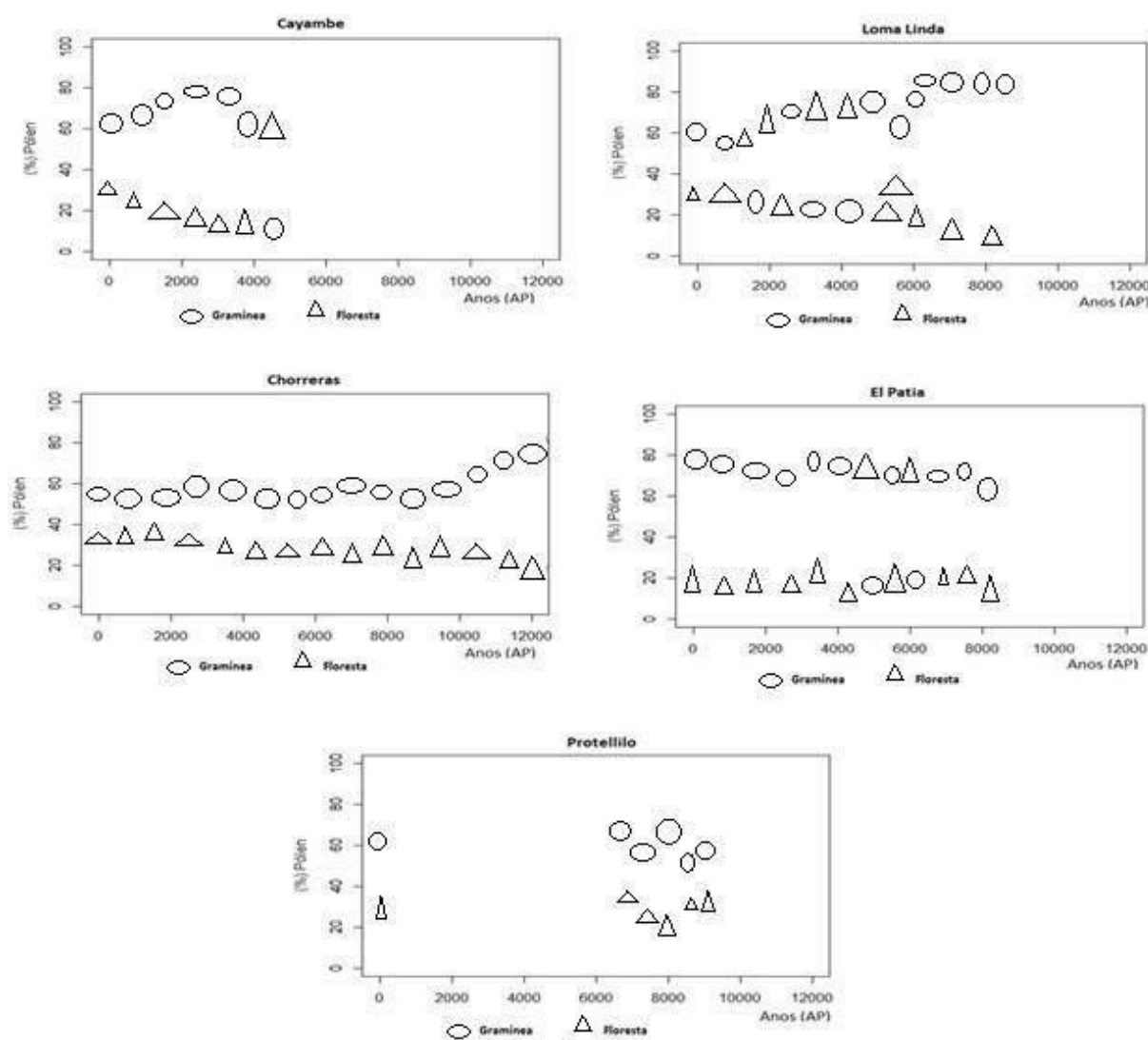


Figura 9 - Sítios de pólen em porcentagens (%) de gramíneas em relação à floresta.

3.2 REGIÃO 2 NORTE DO BRASIL (NB)

3.2.1 CARVÃO

De acordo com a (figura 10), o carvão vegetal tem valores anômalos positivos que ficam acima da média (500-2000 AP) durante o Holoceno inicial e médio (12000 – 6500 AP), caracterizando maiores eventos de fogo nesse período. Ainda, observou-se que os maiores valores do carvão em 12000 e 10000 AP estão associados as suas maiores quantidades, como em 7500 AP e 9000 AP (figura 10).

Alguns sítios individuais de carvão como em Carajás, Lago Crispim e Lago Tapajós revelam que, durante o Holoceno médio, o clima foi seco e uma elevada taxa de acumulação de partículas de carvão sugerem fogo na região (CORDEIRO *et*

al., 2008; BEHLING; COSTA, 2001; BUSH *et al.*, 2007). Essas evidências é confirmada no Holoceno médio embora a taxa de carvão tende a diminuir ao longo do tempo nota-se fogo frequente entre os anos de 8000 AP a 5000 AP (figura 10).

Resultados encontrados por (PRADO; RODRIGUES, 2019) revelam que em Carajás e Lago Tapajós o carvão apresenta maiores quantidades, porém no Lago Crispim o fogo aumenta depois a partir de 4000 AP, período em que a quantidade de carvão é maior tendo como consequência o fogo frequente (figura 10).

Smith e Mayle (2018) constatam que, em Carajás, o clima mais seco reflete apenas em mudanças locais e não na região. Em 4000 AP, o carvão é mostrado como anomalia negativa reduzindo assim sua quantidade mostrando fogo menos frequente (figura 10). Após esse período o carvão oscila acima e abaixo da média respectivamente nos anos de 3500 AP, 3000 AP, 2500 AP, 2000 AP e 1000 AP (figura 10).

O aumento de partículas de carvão nos sítios em Lago Crispim e Lagoa da Curuçá nos últimos 3630 AP é descrito por (BEHLING; COSTA, 2001; BEHLING, 2001) por consequência do impacto humano e ainda em (BUSH *et al.*, 2000), o fogo tornou-se parte contínua da paisagem no sítio de Geral após 5600 AP.

Os sítios de Santa Maria, Geral e Saracuri indicam fogo contínuo depois de 8000 AP e ainda, no Rio Curuá foi observado aumento de carvão durante o Holoceno tardio referente ao impacto humano (PRADO; RODRIGUES, 2019).

A diminuição do carvão ao longo do tempo se deve a maiores eventos de fogo durante o Holoceno inicial e médio levando a exaustão da carga de combustível tornando-se então em valores negativos e positivos de modo oscilatório demonstrando que ainda a queima estava presente na região.

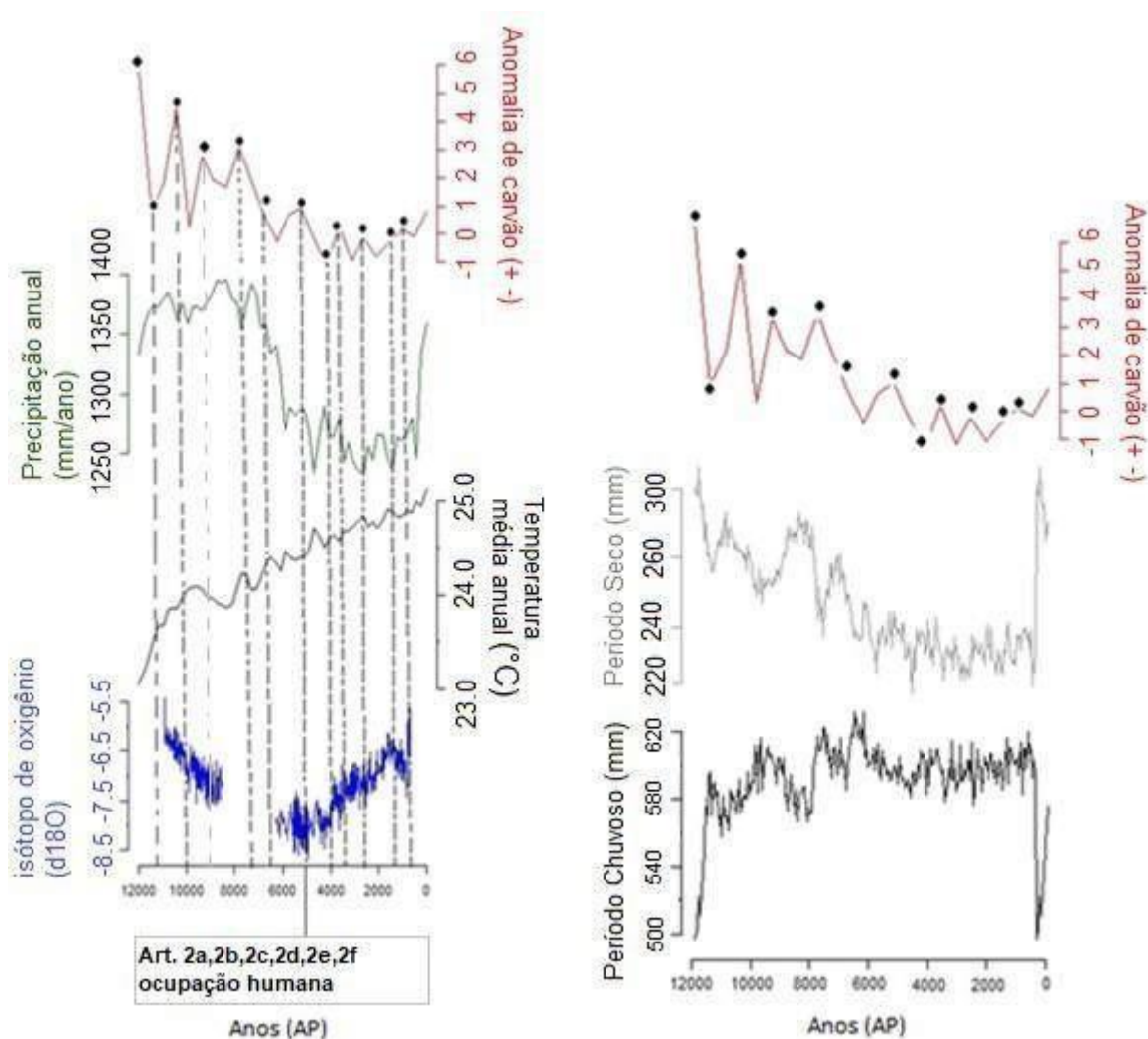


Figura 10 – Quantidade de carvão; precipitação anual; Temperatura média anual, Espeleotema (caverna Paraíso) (d18O), linha tracejada com pontos pretos mostram a datação de ocupação humana, comportamento climático durante o período chuvoso, comportamento climático durante o período seco.

3.2.1.1 REGISTROS HISTÓRICOS

A ocupação inicial no Norte do Brasil começou durante o Holoceno inicial em aproximadamente entre 11000 e 10000 AP (ROOSEVELT *et al.*, 1991). O sítio arqueológico de Tira Peia, localizado no Piauí, registra ocupação inicial na transição do Pleistoceno para o Holoceno em 12700 a 8000 AP, mostrando que seres humanos estavam nesse ambiente organizando meios de subsistência como é mencionado em (LOURDEAU, 2019).

Relatos de humanos presentes do leste da Amazônia desde 13000 AP, e em 4500 AP ao presente, demonstram as atividades humanas sendo intensificadas

gerando a formação de solos antropogênicos (MAEZUMI *et al.*, 2018). Os pontos de ocupação em 12000 AP, 10000 AP e 9000 AP estão relacionados a quantidade elevada de carvão vegetal que podem revelar que o comportamento do homem no ambiente pode ser baseado em combustão (figura 10).

Apesar do ponto em 11000 AP não ser um pico elevado, a quantidade de carvão permanece acima da média mostrando que a hipótese de a ocupação ser proporcional a maiores quantidades de carvão permanece confirmada (figura 10).

Em (MEGGERS, 1994; MAGALHÃES, 1994; MEGGERS; EVANS, 1957; KERN, 1996), revelam que em 7450 AP, 4750 AP, 1400 AP, 500 AP a região 2 esteve ocupada. Portanto baseado nos registros históricos os pontos em 12000 AP, 11000 AP, 10000 AP, 9000 AP, 7450 AP, 6600 AP, 4750 AP, 4000 AP, 3630 AP, 2500 AP, 1400 AP e 500 AP mostram a trajetória humana na região e o fogo antrópico (figura 10). Durante os últimos 4000 AP, as ocupações acompanham a taxa de carvão que já está em menor quantidade apresentando oscilações em torno da média, mostrando que o ambiente foi intensamente perturbado em escala regional, confirmado em (MAEZUMI *et al.*, 2018).

3.2.1.2 DADOS CLIMÁTICOS

Um crescimento acentuado é mostrado pela temperatura sendo oposta a curva de carvão que diminui ao passar do tempo. De acordo com os dados do Trace – 21 (Ka), a temperatura média anual aumentou 2º C durante o Holoceno, entretanto, em 8500 AP teve a maior queda durante os 12000 anos (figura 10). Na mesma época o carvão estabilizou-se com uma leve queda enquanto que a precipitação se manteve entre 1350 e 1400 mm/ano mostrando que o período foi mais úmido (figura 10).

A precipitação durante o ano é bem presente na região 2 tendo em média de 1250 a 1400 mm/ano com alto índice de evaporação e temperaturas, caracterizando assim um clima equatorial. Entre 12000 a 7000 AP, o clima foi mais úmido sendo acompanhado pelo carvão que também apresentou maior quantidade. Entre 6000 e 1000 AP, o clima estava mais seco, o que coincidiu com a queda da quantidade de carvão, porém o aumento de chuva pode ser observado nos últimos 500 anos, mas o volume continuou baixo em relação o Holoceno inicial (figura 10).

É mostrado na (figura 10) um aumento de carvão nesse período. De acordo com os dados do período seco (junho, julho, agosto e setembro) em 12000 AP a precipitação anual era a maior do período com 300 mm e do período chuvoso (janeiro, fevereiro, março e abril) a menor em torno de 500 mm por ano o que condiz com a quantidade de carvão sendo a maior, portanto alta queima (figura 10).

Em 11000 AP, a quantidade de carvão continua elevada (anomalia positiva), porém, a estação seca tem queda de chuva menor que 280 mm e durante a estação chuvosa um aumento de chuva em 580 mm caracterizando clima úmido na época.

Em 10000 AP, o período chuvoso e o seco se mantiveram igual, entretanto, o carvão tem pico mostrando fogo elevado. Em 9000 AP, a chuva durante a estação seca, foi inferior a 280 mm e a estação chuvosa apresentou um aumento em 600 mm e um pico de carvão indicando maior frequência de fogo. Nessa época a região estava ocupada, portanto mesmo o clima estando mais úmido os impactos humanos foram decorrentes.

Em 7450 AP, o período chuvoso aumenta em 620 mm, o maior registrado. Por outro lado, o período seco é inferior a 240 mm tornando-se mais seco junto do carvão que aumenta de quantidade indicando o pico de fogo. Em 6600 AP, a estação chuvosa, tendo valor maior de 620 mm, indica clima mais úmido, como também mostra o período seco há alto volume de chuva anual com fogo continuamente elevado (figura 10).

Após essa época, a precipitação durante o período chuvoso tem estabilidade em 600 mm indicando clima mais úmido e tendência a diminuição da estação chuvosa em torno de 220 mm em 1000 AP (figura 10). Em 500 AP, a chuva no período seco sobe e, durante o período chuvoso, a chuva diminui como em 12000 AP seguida por condições atuais.

3.2.2 ESPELEOTEMA

Na (figura 10) que ilustra os dados do espeleotema na Caverna Paraíso é mostrado em 11000 AP que o clima no leste da Amazônia era mais seco pelos maiores valores de isótopos de oxigênio ($\delta^{18}O$) de -5.5‰ (figura 10). Em 10000 AP até 8500 AP, os isótopos apresentaram valores menores de -7.5‰ revelando que a umidade aumentaria entre 6000 AP e 4000 AP, atingindo o menor valor de -8.5‰ caracterizando clima úmido (figura 10).

Nesta mesma época, um aumento de 0.5° C na temperatura é observado durante o Holoceno médio podendo aumentar os movimentos ascendentes o que resulta em maior precipitação na região (WANG *et al.*, 2017). Após esse período os valores dos isótopos tendem a aumentar associando-se então ao clima mais seco.

Embora os dados mostrem um aquecimento na região, as florestas persistiram no leste da Amazônia, mesmo quando as chuvas diminuíram (WANG *et al.*, 2017). Os dados mostrados pela caverna durante o Holoceno tardio revelam que secas esporádicas ocorrem dentro do clima úmido na Amazônia causadas pelo fenômeno El Niño que estão ligadas a maiores temperaturas da superfície do mar (TSM) no Pacífico tropical causando diminuição de chuvas (WANG *et al.*, 2017).

Os dados faltantes da caverna estão entre 6500 AP a 8500 AP, portanto não se sabe o clima da época. Contudo, entre 6000 AP e 4000 AP, os dados disponíveis indicam clima úmido.

3.2.3 PÓLEN

De acordo com os 2 sítios de pólen (Aquiri e Curuçá), observou-se que a vegetação de floresta dominou a região costeira do Pará e Maranhão. Esses resultados estão em conformidade com o bioma litorâneo nessa área, os mangues, que constantemente são inundados pelas águas do Atlântico, do rio Tocantins e são típicos de lugares úmidos (MENEZES; BERGER, 2008).

No sítio em Caranã localizado no interior do estado do Pará, próximo à região de Monte Alegre, as florestas dominaram os últimos 5000 AP (figura 11). Já, a expansão de savanas no Holoceno Médio, na região de Carajás sul do Pará mostra um clima mais seco e quente, correlatos à quantidade de carvão em 7000 e 5000 AP (CORDEIRO, 2008, CONCEIÇÃO, 2010) (figura 10).

No sudeste da Amazônia, também os níveis dos lagos são menores durante o Holoceno médio indicando um clima mais seco (SMITH; MAYLE, 2018). No Holoceno médio, reconstruções de paleovegetação mostram que a floresta ficou constante revelando que o clima pode ter estado mais úmido no leste da Amazônia (SMITH e MAYLE, 2018). Pode-se extrair poucas informações com os registros de pólen pois são escassos para a região 2, então o que pode ser ressaltado é que no litoral o Holoceno foi sempre úmido e, durante o Holoceno tardio, o clima foi úmido no leste da Amazônia como é mostrado no sítio em Caranã (figura 11).

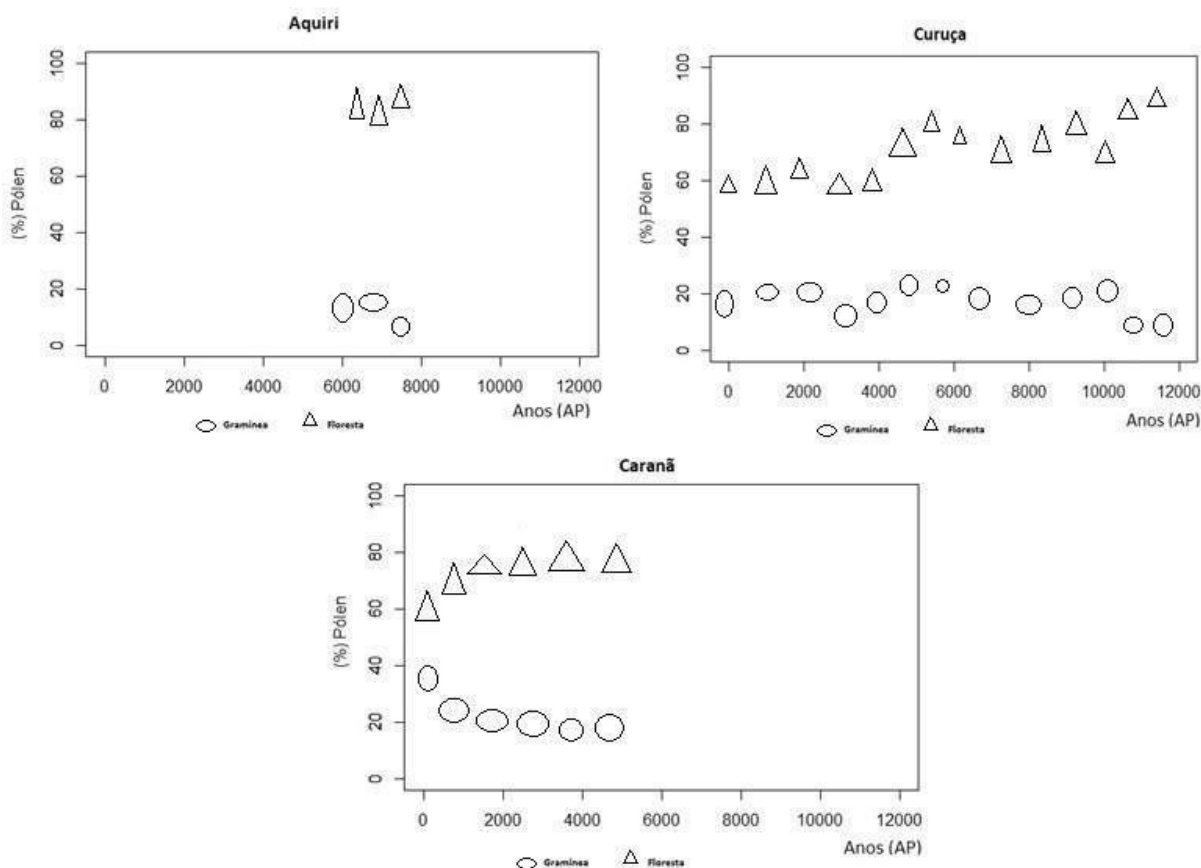


Figura 11 – Sítios de pólen em porcentagens (%) de gramíneas em relação às florestas.

3.3 REGIÃO 3A CENTRO OESTE DA AMÉRICA DO SUL (COAS)

3.3.1 CARVÃO

É mostrado na (figura 12) de carvão vegetal que sua quantidade está inferior (anomalia negativa) estando abaixo da média no Holoceno inicial coincidindo com o *Younger Dryas* (12000 AP) como é abordado por (PADUANO *et al.*, 2003; HEINE, 1993).

Após esse período o carvão se aproxima da média em 10000 AP, entretanto ainda em menor quantidade e se comparado ao período anterior, teve um aumento expressivo. Em seguida, o primeiro pico de carvão tornando-o em anomalia positiva aumenta sua quantidade em torno de 6000 AP e 5000 AP e mostra que a atividade de fogo começa a se elevar associado ao clima mais seco na região (figura 12).

Depois de 3000 AP, há menor frequência de fogo, sendo que em 2000 AP o pico de carvão fica na média e, por fim, nos últimos 500 AP o fogo teve um aumento ultrapassando a média (500-2000 AP) (figura 12).

No sítio do lago Titicaca o nível mais baixo do lago entre 7960 AP e 3100 AP é mostrado por (PADUANO *et al.*, 2003) o que demonstra que o clima estava mais seco fazendo com que o carvão tenha anomalia positiva. Assim como no lago Titicaca, o sítio em Marcacocha também mostra que a paisagem foi modificada pelo homem através de práticas agrícolas, a partir de 4000 AP aumentando o fogo na região (PADUANO *et al.*, 2003; CHEPSTOW *et al.*, 1998).

Em Siberia 93-1 é mostrado que a floresta presente desde o Glacial tardio (14000 AP), diminuiu durante o Holoceno inicial após 11000 AP quando aumentou a taxa de gramíneas. Um número maior de partículas de carvão fornece indícios que a vegetação presente na época era mais propícia ao fogo (MOURGUIART; LEDRU, 2003). O carvão teve tendência ao aumento durante o Holoceno principalmente depois de 8000 AP o que representa fogo em elevação para a região 3A.

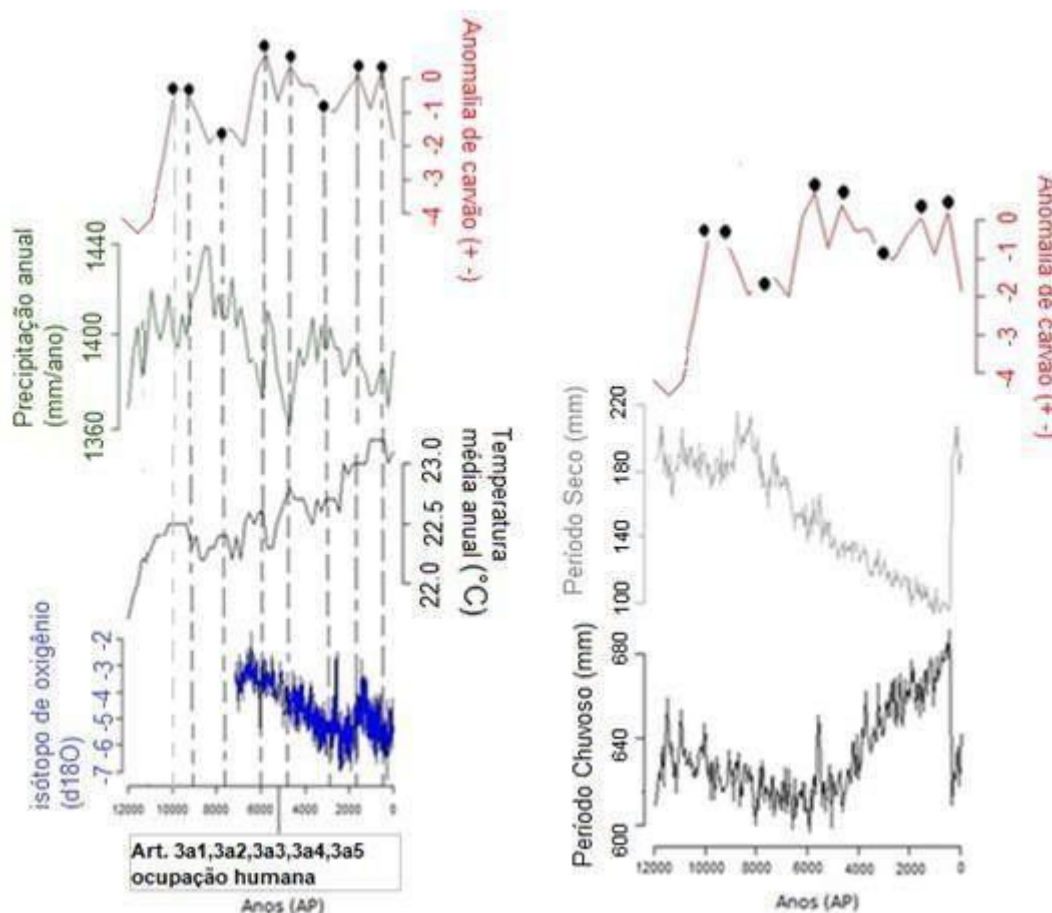


Figura 12 – Quantidade de carvão; precipitação anual; Temperatura média anual, Espeleotema (caverna Huagapo) (d18O), linha tracejada com pontos pretos

mostram a datação de ocupação humana, comportamento climático durante o período chuvoso, comportamento climático durante o período seco.

3.3.1.1 REGISTROS HISTÓRICOS

As ocupações em Quebrada Jaguay, próximo ao Norte do Chile, tiveram início na costa do Pacífico Oeste de 13000 AP a 11000 AP devido à grande exploração de recursos marinhos e práticas de pesca como meio de subsistência da região indicando que a migração se deu pelo litoral o que acompanhou o aperfeiçoamento de práticas marítimas (SANDWEISS *et al.*, 1996).

No norte do Atacama, um clima de extrema aridez durante o Holoceno inicial fez com que as ocupações estivessem presentes após 11500 AP entre as latitudes de 17° a 21° Sul (SANTORO *et al.*, 2011). Já, nos vales andinos e nas planícies ao Sul da Bolívia os assentamentos datam de, pelo menos, 8000 AP pontos (figura 12) (CAPRILES; JORDAN, 2013). Por isso, os humanos poderiam ter migrado do norte do Chile ao Sul da Bolívia desde o Holoceno inicial uma vez que o altiplano poderia estar coberto por extensos lagos entre 13000 AP e 11000 AP favorecendo a ocupação, entretanto não foi identificado a presença de fósseis em (CAPRILES; JORDAN, 2013).

O primeiro ponto ocupado em torno de 10000 AP é o mais coerente a um assentamento mais recente como é mostrado por (DILLEHAY *et al.*, 1992). Após esse período, as datas seguem a migração das pessoas conforme dito por (CAPRILES; JORDAN, 2013) (Figura 12). Durante o Holoceno tardio a partir de 2050 AP o aumento de carvão se refere a atividades humanas em climas mais úmidos sugerindo que o fogo, nessa época, não era natural (CRAIG *et al.*, 2010).

Entre 3000 AP e 2200 AP foram encontrados, em densidade maior, materiais como ferramentas de manejo humano e em 1740 AP a 1200 AP um crescimento regional da população é observado (CRAIG *et al.*, 2010). Portanto baseado nos registros históricos os pontos de 10000 AP, 9000 AP, 7900 AP, 6000 AP, 5000 AP, 3000 AP, 2000 AP, 1000 AP mostram a trajetória humana na região e o fogo antrópico (figura 12).

3.3.1.2 DADOS CLIMÁTICOS

A temperatura média anual apresentou um crescimento de 1°C durante o Holoceno, entretanto, a precipitação revela um aumento de 1440 mm até em 8000 AP e após esse período a tendência da chuva é estabilizar em torno de 1400 mm anual até em 3000 AP (figura 12). É observado nas duas variáveis que o menor valor de chuva de 1360 mm e maior insolação indica clima mais seco durante o Holoceno médio. Portanto a variabilidade esperada é que a precipitação anual tenha estabilidade até 3000 AP.

Em 5000 AP e 6000 AP é observado o menor índice de precipitação sendo igual a 1360 mm o que caracteriza condições para um clima mais seco na região. De acordo com os dados do período seco (junho, julho, agosto, setembro) em 12000 AP, a precipitação anual era maior que 180 mm enquanto que, durante o período chuvoso (janeiro, fevereiro, março, abril), estava em torno de 610 mm com fogo abaixo da média (figura 12).

Em 11000 AP, na estação chuvosa, o carvão permanece em menor quantidade devido ao aumento da precipitação em mais de 640 mm. O fogo permanece menor entre 10000 AP a 8000 AP pelo fato da estação seca ter um aumento de chuva, o que desfavorece a queima de carvão. Após esse período, a estação seca tende a diminuir ao longo do tempo com o valor de chuva de 140mm em 7000 AP, enquanto na estação chuvosa permanece entre 600 mm a 620 mm.

Em 6000 AP e 5000 AP, o carvão aumenta de quantidade devido ao prolongamento do período seco do Holoceno médio ao tardio favorecendo assim a maior queima em 6000 AP (figura 12). A partir de 4000 AP a estação chuvosa aumenta com o valor máximo de 680 mm em 1200 AP com fogo elevado. Após 500 AP o clima já se configura a condições atuais em que a estação seca permanece elevada enquanto que a estação chuvosa diminui. De 12000 AP a 11000 AP não teve ocupações humanas o que explica a menor quantidade de carvão e, portanto, o fogo foi considerado de origem natural.

3.3.2 ESPELEOTEMA

Na (Figura 12) os dados do espeleotema da caverna Huagapo mostram que entre 7000 AP e 5000 AP os valores do isótopo de oxigênio estavam entre -2 ‰ e -4 ‰ indicando clima mais seco. Porém, em 6000 AP, um valor de -5 ‰ é observado

mostrando que, provavelmente, durante a estação chuvosa, a pluviosidade foi maior e, com isso, mais umidade.

Em 4000, a umidade estava presente conforme o valor de -5 ‰ e já durante o Holoceno tardio (3000 AP) o clima estava mais úmido com valor do isótopo de -6 ‰ (figura 12). Entretanto, em 2800 AP e 1800 AP um aumento do isótopo de -3 ‰ é registrado pelo clima seco devido ao ENSO positivo no Pacífico, como é mostrado em (KANNER *et al.*, 2013). Segundo (KANNER *et al.*, 2013), durante o Holoceno tardio, o fenômeno El Niño pode ter ocorrido com maiores frequências enfraquecendo a célula de Walker no oceano Pacífico.

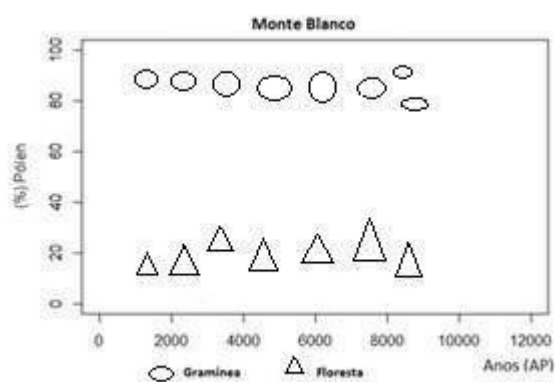
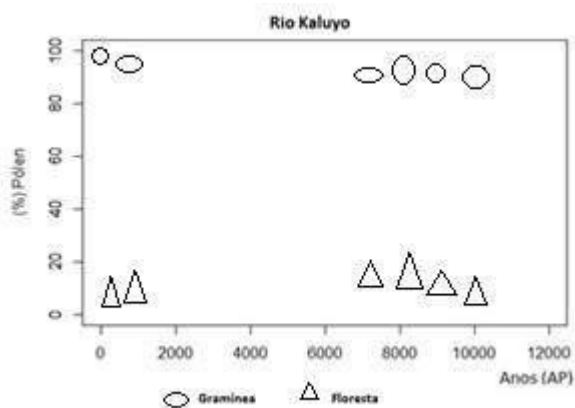
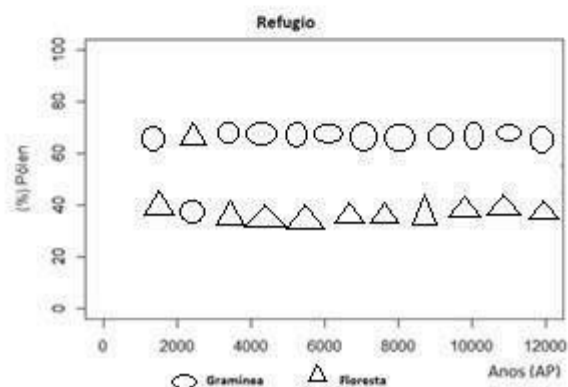
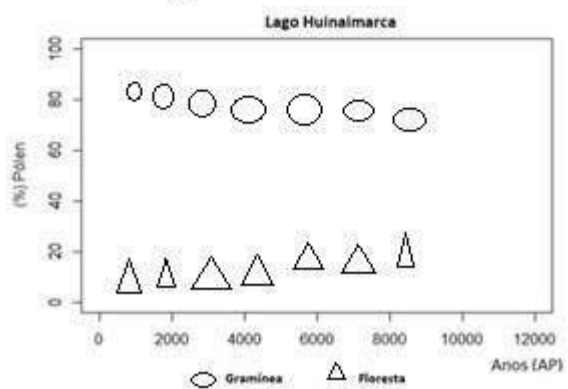
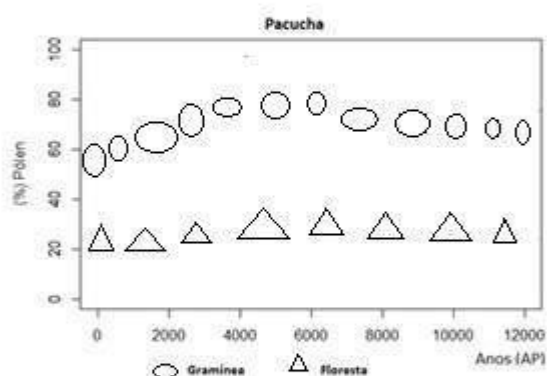
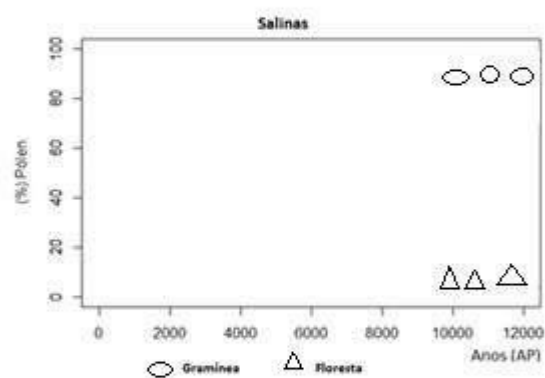
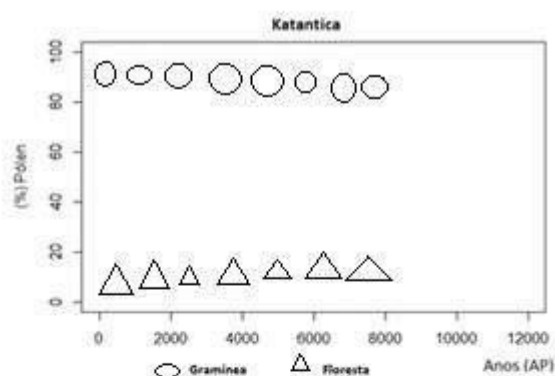
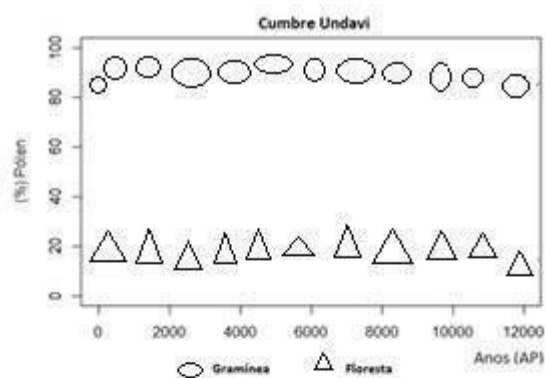
A presença de umidade mostrado no espeleotema revela ainda em aumento na insolação durante o verão e da intensificação do SMAS confirmando os resultados de (KANNER *et al.*, 2013).

3.3.3 PÓLEN

De acordo com os 16 dados de pólen, em todos os sítios é notável a presença de gramíneas durante o Holoceno (figura 13). Essa vegetação de clima mais seco predominante representa a savana que, segundo (SMITH; MAYLE, 2018), foi formada desde o Holoceno inicial devido ao clima sazonal com estações secas mais longas como é mostrado no pólen (figura 13). A precipitação na região é dependente da Monção Sul Americana associada a baixa do Chaco e ao Jato de Baixos níveis que desviam a chuva da Amazônia para os Andes e ao sul da Bolívia (SMITH; MAYLE, 2018).

É relatado por (URREGO *et al.*, 2011) que os lagos da região 3A secaram entre 12000 AP e 4400 AP devido a um período seco nos Andes centrais, como é mostrado pelo aumento de gramíneas (figura 13). O clima seco pode ser explicado pela redução da atividade convectiva devido a menor intensidade da Monção Sul Americana durante o Holoceno médio o que favoreceu a expansão das savanas (SMITH; MAYLE, 2018).

O período árido é abordado por (HANSELMAN *et al.*, 2005) apontando uma redução dos lagos entre 8000 AP e 4300 AP tendo um pico em 5500 AP e indica a existência de episódios úmidos podem ter existido durante a estação mais seca. A menor quantidade de chuvas na região ocorre devido à presença do anticiclone do Pacífico que inibe a precipitação e, por isso, maior sazonalidade do clima ao longo do Holoceno se comparado ao lado leste da Bolívia (BURBRIDGE *et al.*, 2004).



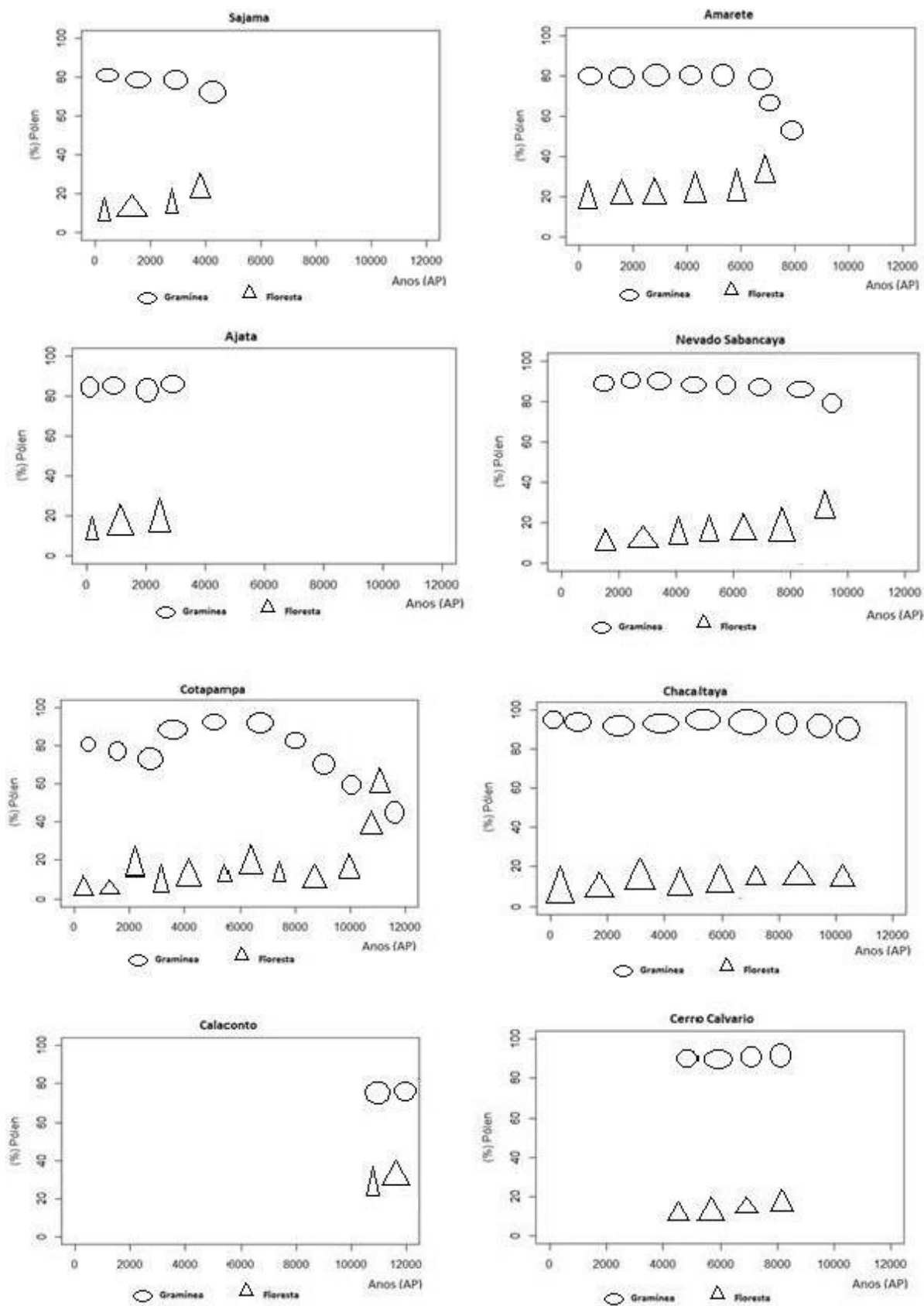


Figura 13 - Sítios de pólen em porcentagens (%) de gramíneas em relação à floresta.

3.4 REGIÃO 3B CENTRO OESTE DA AMÉRICA DO SUL (COAS)

3.4.1 CARVÃO

É mostrado na (figura 14) que os valores anômalos negativos entre 12000 AP e 10700 AP significa baixa quantidade de carvão devido ao clima frio e mais úmido o que faz uma diminuição do fogo para o período (HEINE, 1993). Em 10000 AP, um pico de carvão está relacionado à maior quantidade de partículas, frequência e abrangência do fogo na região (figura 14). Após esse período, o carvão continua a ter valores anômalos positivos respectivamente em: 8500 AP, 7200 AP, 5700 AP, 4700 AP, 3200 AP, 3700 AP e 2300 AP que indicam fogo elevado (figura 14).

Em 2700 AP, 1700 A e 700 AP a quantidade de carvão fica na média (500-2000 AP), indicando normalidade do fogo nessa época. Nos sítios individuais de carvão no lago Chalalan e lago Santa Rosa, durante o Holoceno inicial e médio, o clima era mais seco de modo regional entre 6000 AP e 9000 AP o que pode ter facilitado o aumento do fogo nesse período (URREGO et al., 2016; SÁNCHEZ, 2009).

Perturbações humanas foram identificadas depois de 3000 AP e entre 2000 AP e 1000 AP, o fogo era local e a ignição humana foi a causa deste aumento de fogo (URREGO et al., 2016; SÁNCHEZ, 2009). Com isso, fica claro que o fogo, durante o Holoceno tardio, teve quantidade de carvão na média em 2500 AP, 1700 AP e 700 AP não sobressaindo em anomalias negativas ou positivas pois os focos se apresentavam de modo regional (figura 14).

A magnitude dos impactos humanos permaneceu ao longo do tempo, mas foi intensificado a partir de 5000 AP como é mostrado em (URREGO *et al.*, 2013; SÁNCHEZ, 2009). Nos sítios de Werth, Vargas, Parker e Gentry foi detectado que o clima também era seco durante o Holoceno médio e que, a partir de 4000 AP, também é observado um aumento de carvão associado ao impacto humano (BUSH *et al.*, 2007).

Nos sítios da lagoa Bella Vista e lagoa Chaplin é mostrado por (BURBRIDGE *et al.*, 2002) que a precipitação média anual aumentou no Holoceno tardio o que significa que, desde o Holoceno médio, a estação seca prolongada diminuiu ao longo do tempo pelo avanço das florestas. Em Pontes e Lacerda, o aumento de carvão nos últimos 4000 AP estão relacionados a impactos humanos (BURBRIDGE *et al.*, 2002). A quantidade de carvão teve tendência ao aumento na região tendo

anomalias positivas e negativas sucessivas vezes a partir de 9000 AP o que indica presença humana.

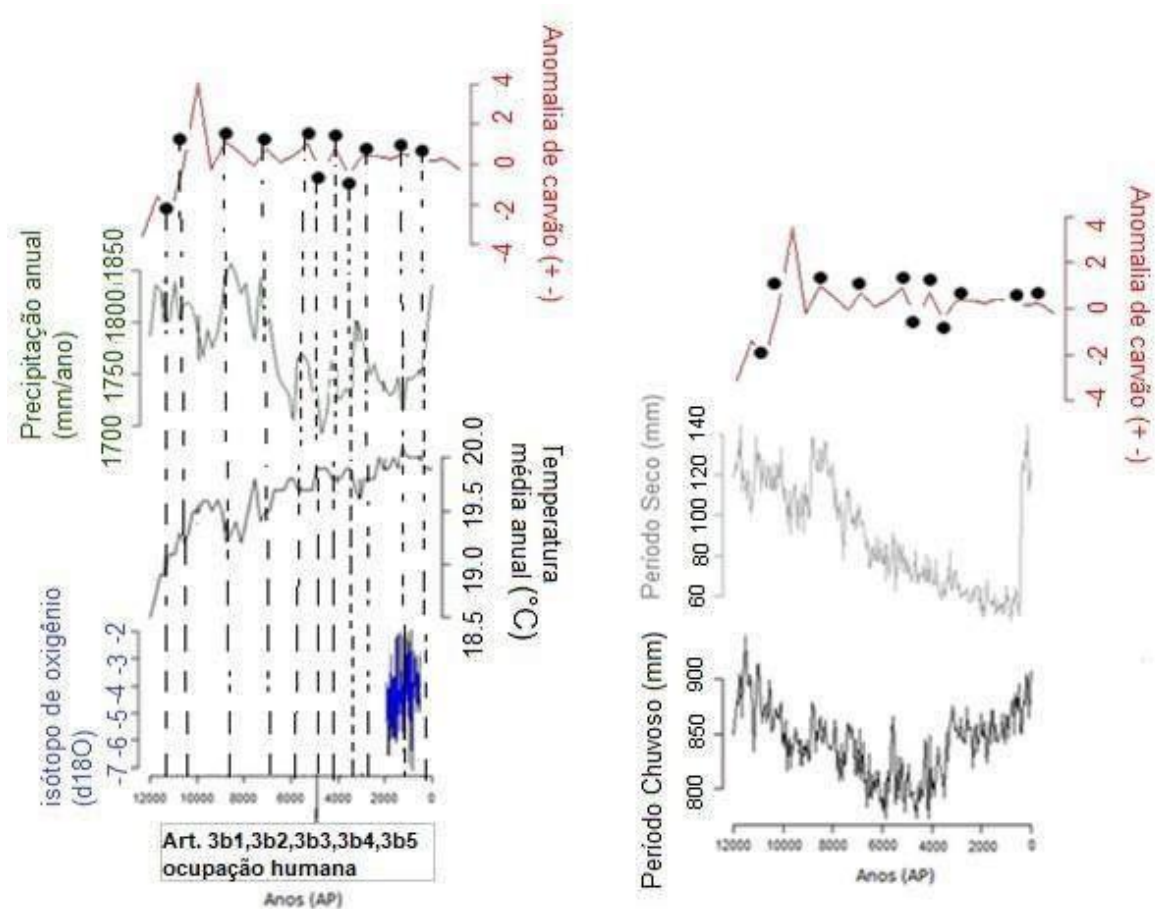


Figura 14 – Quantidade de carvão; precipitação anual; Temperatura média anual, Espeleotema (caverna Pau Alho) (d18O), linha tracejada com pontos pretos mostram a datação de ocupação humana, comportamento climático durante o período chuvoso, comportamento climático durante o período seco.

3.4.1.1 REGISTROS HISTÓRICOS

Durante todo o Holoceno, povos que viviam na Amazônia boliviana moldaram a paisagem construindo assentamentos e abertura de caminhos, durante o Holoceno inicial (ERICKSON, 2000; LOMBARDO; PRUMERS, 2010). Mais tarde, (LOMBARDO *et al.*, 2020) o cultivo de abóbora, milho e mandioca de 10850 AP, 10350 AP e 6850 AP nos Llanos de Moxos no estado do Beni na Bolívia atestam a presença humana com mais exatidão no ambiente (MCMICHAEL; BUSH, 2018). São abordados três períodos de cultivo nas terras bolivianas sendo de 13000 AP a 6000 AP representando o pré cultivo, 6000 AP a 2500 AP o cultivo inicial e entre 2500 AP

a 500 AP o cultivo tardio. A ocupação na região 3B se deu por volta do cultivo inicial o que mostrou o manuseio do milho que posteriormente foi identificado como cultivo de arroz em 4000 AP (MCMICHAEL; BUSH, 2018).

Durante o pré cultivo na Amazônia boliviana, os habitantes já estariam na região domesticando plantas, porém, em menor quantidade e nos últimos 2500 AP a penetração nas florestas da região se deu mais intensamente (MCMICHAEL; BUSH, 2018). Em 3630 AP, a intensificação agrícola e o aumento de partícula de carvão desde 7200 AP no Beni está associado ao impacto antrópico (BUSH *et al.*, 2007). O fogo antrópico entre 2000 AP e 1000 AP é descrito por (URREGO *et al.*, 2013). O aumento da ocupação durante o Holoceno tardio é devido ao clima mais úmido que favorece as atividades humanas (VIALOU, 2019). Portanto baseado nos registros históricos houve ocupações em 10850 AP, 10250 AP, 8700 AP, 6850 AP, 6000 AP, 5000 AP, 4700 AP, 4000 AP, 3630 AP, 3000 AP, 2500 AP e 500 AP caracterizando em fogo de origem antrópica.

3.4.1.2 DADOS CLIMÁTICOS

A temperatura média anual apresentou um aumento de 1.5°C, desde o Holoceno inicial, devido a maior insolação anual (figura 14). A precipitação se manteve entre 1800 mm a 1850 mm até em 10200 AP. Após esse período, a chuva começa a diminuir tendo precipitação inferior a 1800 mm (figura 14). Essa diminuição de chuva é mais significativa entre 7000 AP e 3800 AP o que mostra extensa condição de aridez na região.

Entre 6000 AP e 4500 AP, a chuva tem queda expressiva podendo ser referente a uma estação seca prolongada o que favoreceu o aparecimento de ilhas naturais de savanas dentro da floresta Amazônica (SMITH; MAYLE, 2018) (figura 12). De acordo com os dados do período seco (junho, julho, agosto, setembro) em 12000 AP, a precipitação era de 120 mm, enquanto que, durante o período chuvoso (janeiro, fevereiro, março, abril), era em torno de 850 mm tendo fogo abaixo da média caracterizando em fogo natural devido ao clima mais úmido (figura 14).

Em 11000 AP uma diminuição nas duas estações faz com que o fogo aumente, embora esteja abaixo da média ainda (figura 14). Em 10000 AP, a quantidade de carvão aumentou o que tornou o fogo frequente e, nas duas estações, a chuva foi menor mostrando que há indícios de um clima mais seco na região.

Em 9000 AP, o período chuvoso e o seco tiveram diminuição respectivamente abaixo de 850 mm e menor que 100 mm condizendo assim com o carvão que fica acima média indicando um clima mais seco caracterizando em fogo natural. Em 8700 AP o clima úmido é detectado na estação seca com mais de 120 mm e durante a estação chuvosa em 850 mm e o pico de carvão acima da média.

Em 7000 AP, houve uma queda na estação seca e chuvosa indicando clima mais seco. Em 5000 AP e 6000 AP uma diminuição na chuva nas duas estações revela uma tendência ao clima mais seco (figura 14). De 3800 AP a 500 AP um clima mais sazonal é identificado pelo total de chuva no período seco de 60 mm enquanto que o período chuvoso mostra um aumento até o presente. Após 500 AP a precipitação na estação seca se eleva configurando assim uma região úmida com fogo na média. As ocupações estiveram presentes em clima úmido e seco com quantidades de carvão elevadas.

3.4.2 ESPELEOTEMA

No espeleotema de Pau Alho é mostrado que nos últimos 2000 AP observam-se períodos secos e úmidos consecutivos (figura 14). Em 2000 AP e 1000 AP o isótopo de oxigênio tem valor de -6‰ e -7‰ condizendo com mais umidade na região. Em 500 AP e 1500 AP, os valores entre -2‰ e -3‰ são relativos a condições mais secas (figura 14), isso se deve ao aumento da variabilidade climática durante o Holoceno tardio já úmido incluindo os eventos de secas provocado pela maior frequência do ENSO positivo (El niño) (MCMICHAEL; BUSH, 2018).

O ENSO influencia no clima da América do Sul de modo que enfraquece o SMAS, tendo assim, menor precipitação nos Andes tropicais entre 10° N a 20° S (NOVELLO *et al.*, 2016).

3.4.3 PÓLEN

De acordo com os 5 dados de pólen, 2 sítios de Santa Rosa e Chalalan mostram que o clima entre 12000 AP e 10000 AP na região 3B, o clima foi mais seco, entretanto em 11800 AP, em Chalalan, é mostrado que as florestas estavam em maior proporção associado em um período curto relacionado a maior umidade (figura 15).

Os sítios de Granja e Orícore mostram que, durante o Holoceno médio o clima estava mais seco devido ao predomínio da gramínea (figura 15). Esses

lugares corroboram com a expansão das ilhas de savanas que começaram a se formar nesse período e, em 2500 AP e 2000 AP, observou-se uma redução dessas ilhas (SMITH; MAYLE, 2018).

No entanto, durante os últimos 4000 AP o clima mais úmido é mostrado na maioria dos sítios mostrando uma estabilização de florestas a sudeste da região, desde 6000 AP, confirmando os resultados de (SMITH; MAYLE, 2018). A precipitação na região é dependente da Monção Sul Americana associada a baixa do Chaco, a intensificação da Zona de Convergência intertropical (ZCIT) e aos Jato de Baixos níveis que desviam a chuva da Amazônia para os Andes e ao sul da Bolívia (SMITH; MAYLE, 2018). O clima mais úmido durante o Holoceno tardio é devido a maior insolação no Holoceno médio o que ocasionou aumento gradual do sistema de monção da América do Sul (SMAS) e o posicionamento mais ao sul na (ZCIT) aumentando assim a precipitação ao longo do tempo (BURBRIDGE *et al.*, 2002).

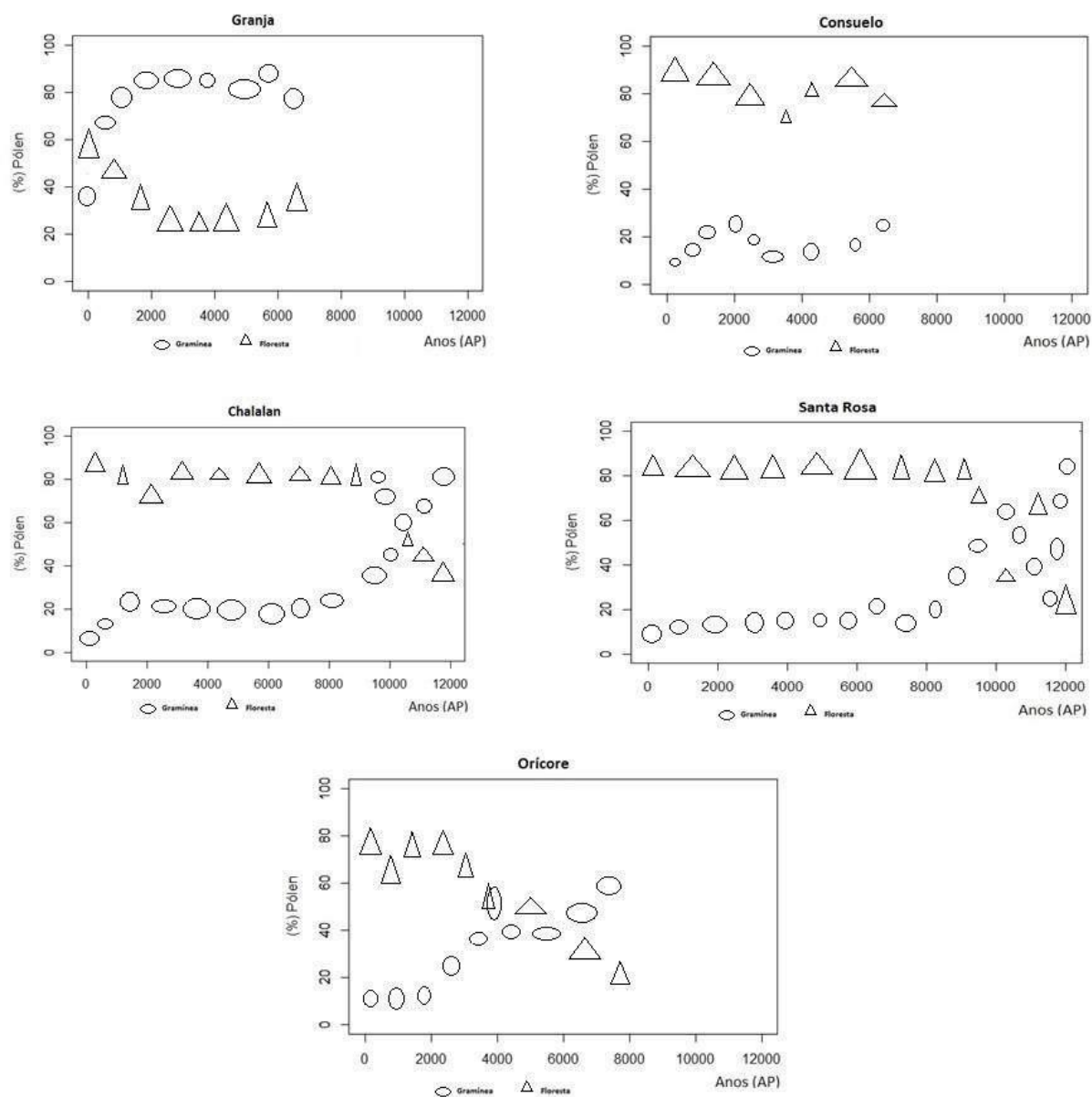


Figura 15 – Sítios de pólen em porcentagens (%) de gramíneas em relação às florestas.

3.5 REGIÃO 4 SUL E SUDESTE DO BRASIL (SSE)

3.5.1 CARVÃO

De acordo com a (figura 16), os valores anômalos negativos de carvão vegetal indicam que sua quantidade estava menor a partir de 12000 AP. Após esse período, os valores negativos do carvão diminuem chegando na média (500-2000 AP) em 11200 AP e aproximadamente em 10000 AP mostrando que esses dois

anos a quantidade de carvão esteve na média o que significa que não teve anomalias tanto positivas como negativas (figura 16).

O carvão se manteve em quantidades inferiores até em 5500 AP, quando ultrapassou a média aumentando, assim, sua quantidade o que caracteriza maiores eventos de fogo nesse período (figura 16).

Em 4200 AP também é notório um aumento ainda maior do fogo sugerindo que este se tornou frequente após 4000 AP mostrando que a quantidade de carvão tende a aumentar ao longo do tempo (BEHLING, 2006). O período entre 3000 AP e 6000 AP foi caracterizado com maiores quantidades de carvão em Botucatu, o que confirma os resultados no gráfico de carvão (figura 16) mostrando que, nessa época, o aumento de anomalias positivas se tornou mais frequente (GOUVEIA *et al.*, 2003).

A dinâmica de fogo debatido por (BEHLING, 2006) revela que, a partir de 2000 AP, o fogo antropogênico pode ter sido frequente em Araçatuba. Em Cambará do Sul e São Francisco de Assis foi sugerido fogo contínuo após 7400 AP, provavelmente por origem antrópica (BEHLING *et al.*, 2003; BEHLING *et al.*, 2004) o que condiz com o aumento de fogo a partir desse período (figura 16).

No sítio de Fazenda do Pinto observou-se fogo por volta de 830 AP e, em Lagoa Nova, o impacto humano muito forte causado pelo desmatamento e uso do fogo pode ter ocorrido até o presente (BEHLING, 2003; BEHLING *et al.*, 2001). Em Crominia, o fogo foi descrito entre 13700 AP e 6800 AP até 3500 AP (LABOURIAU *et al.*, 1996). Em Salitre o fogo ocorreu por volta de 8700 AP a 1620AP (PESSENDA *et al.*, 2004) configurando assim em fogo elevado durante o Holoceno médio e tardio. Já na serra de Campos Gerais, o fogo foi mais frequente durante o Holoceno inicial e médio.

No início, o surgimento do fogo se deu devido ao clima mais sazonal na época caracterizando em fogo natural por (BEHLING, 1997; BEHLING, 2003). O carvão teve tendência a aumentar em quantidade durante os 12000 AP na região 4 mostrando um aumento de fogo durante o Holoceno.

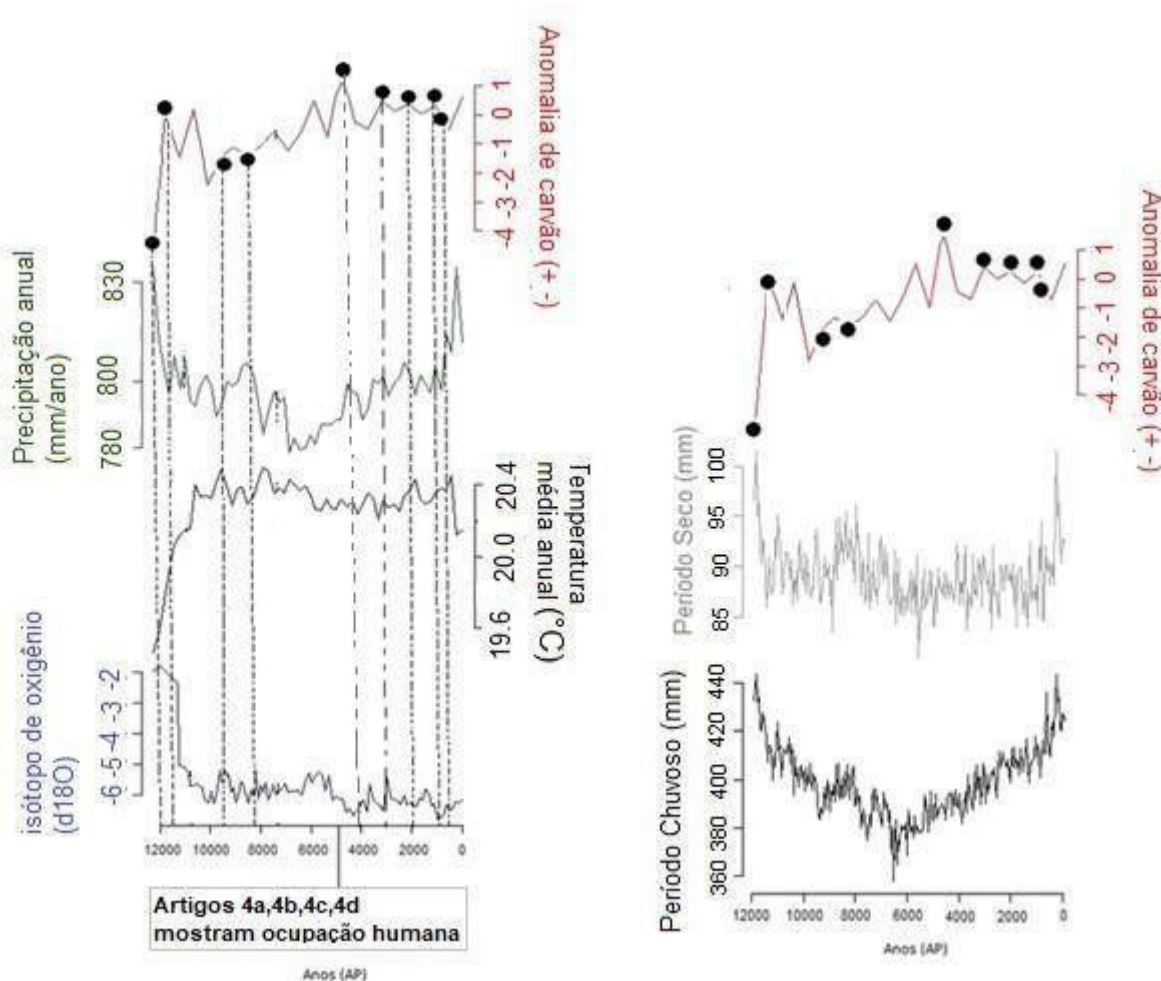


Figura 16 – Quantidade de carvão; precipitação anual; Temperatura média anual, Espeleotema (Botuverá) (d18O), linha tracejada com pontos pretos mostram a datação de ocupação humana, comportamento climático durante o período chuvoso, comportamento climático durante o período seco.

3.5.1.1 REGISTROS HISTÓRICOS

Artefatos de humanos foram encontrados em cavernas de Minas Gerais datados de 11600 AP e 11000 AP o que sugere a primeira chegada desses em Santana do Riacho e Lapa do Boquete (DILLEHAY *et al.*, 1992). Em (NEVES *et al.*, 2003) é relatada também a presença de pessoas desde 12000 AP em Lagoa Santa e em outros lugares do Brasil central.

No ano de 9500 AP e 8200 AP, a exploração de matéria prima se tornou evidente em virtude da disponibilidade e exploração de quartzo resultando em perturbações antrópicas que aumentaram ao longo do tempo (BUENO; DIAS, 2015).

Esse período condiz com (figura 16) a tendência a aumentar de quantidade revelando uso e manejo do fogo.

Durante o Holoceno médio não foram encontrados números expressivos de sepultamentos humanos o que pode estar associado a períodos de extensa aridez fazendo com que as populações migrassem a regiões com condições climáticas mais favoráveis à subsistência humana (BUENO; DIAS, 2015).

(ARAÚJO *et al.*, 2006) afirma que, durante esse período, a região foi ocupada e que uma explicação para essa diminuição da ocupação é devido ao aumento de temperatura e ao enfraquecimento de massas de ar polares causando o clima seco. Durante o Holoceno médio de 7000 AP a 3000 AP, a região Sudeste do Brasil estava pouco ocupada, porém a taxa de abandono foi maior, por outro lado, a região Sul não parece ser restrita em termos climáticos mostrando que o clima pode ter sido mais úmido e quente (ARAÚJO *et al.*, 2003). A ocupação no Sul foi contínua e estável durante o Holoceno médio o que pode ter influência na maior quantidade de carvão em 4000 AP (figura 16).

Nos últimos 1500 AP, a ocupação foi acentuada e contínua mostrando que o uso do fogo aumentou em toda a região no Holoceno tardio (ARAÚJO *et al.*, 2003). Entre 3000 AP e 2000 AP a ocupação permanece menor, embora o clima esteja cada vez mais úmido e adequado para humanos, o fogo utilizado se torna maior. Portanto a trajetória humana é identificada nos anos de 12000 AP, 11000 AP, 9500 AP, 8200 AP, 4000 AP, 3000 AP, 2000 AP, 1000 AP e 700 AP caracterizando assim em fogo antrópico.

3.5.1.2 DADOS CLIMÁTICOS

De acordo com os dados trace -21 Ka, a soma da precipitação anual da região Sul e Sudeste do Brasil varia entre 780mm a 830mm. Um período chuvoso em 12000 AP coincide com a menor taxa de carvão nessa mesma época (figura 16). Nesse período o carvão diminui sua quantidade devido ao clima mais úmido. Após esse período a precipitação tende a diminuir configurando assim em clima mais seco por volta de 6000 AP e, após esse período, a chuva tem maior índice mostrando que o clima foi se tornando mais úmido ao longo do Holoceno tardio (figura 16).

A temperatura média anual da região teve um aumento abrupto de 19.6 a 20.4° C entre os períodos de 12000 AP a 10500 AP mostrando que, durante o Holoceno inicial, era mais frio que o presente (figura 16). Após esse período a

temperatura oscilou entre 20.2º C a 20.4º C revelando que o clima ficou mais quente o que pode ser efeitos da maior insolação anual.

De acordo com os dados do período seco (junho, julho, agosto, setembro), em 12000 AP a precipitação anual era a maior do período com 100 mm e do período chuvoso (janeiro, fevereiro, março, abril) a precipitação ficou em 440 mm indicando clima úmido. O carvão nessa época estava abaixo da média apesar da região estar ocupada (figura 16).

Em 11000 AP, a chuva diminui na estação seca atingindo o mínimo de 85 mm assim como na estação chuvosa que diminuiu enquanto que a quantidade de carvão ficou na média (figura 16). Em 10000 AP o fogo permanece na média e a chuva (período chuvoso) continua a diminuir a até atingir o valor de 400 mm caracterizando em fogo natural. Após esse período o clima vai se tornando mais seco e em 6000 AP tem a menor precipitação em torno de 360 mm com aumento de fogo acima da média caracterizando em fogo natural.

Em 4000 AP, o carvão tem maior quantidade do Holoceno acompanhado de clima mais úmido. Já no Holoceno tardio, a quantidade de carvão fica acima da média em 3000 AP e 1000 AP já com precipitação elevada tanto na estação chuvosa como na seca.

3.5.2 ESPELEOTEMA

Na (figura 16) que ilustra os dados do espeleotema de Botuverá é mostrado que entre 12000 AP e 11000 AP o isótopo de oxigênio ($\delta^{18}O$) tem valor de -2 ‰ revelando assim um clima seco na região. Após esse período, os valores do espeleotema diminuem variando de -3 ‰ a -6 ‰ mostrando que o clima foi ficando cada vez mais úmido ao longo do tempo (figura 16). A partir de 10000 AP, o clima teve tendência a ficar mais úmido durante todo Holoceno. Porém, esses resultados de Botuverá não condiz com as variáveis climáticas referentes aos climas secos, durante o Holoceno inicial e médio no Sudeste do Brasil.

Todavia os dados da caverna confirmam que o clima úmido foi apropriado a ocupações humanas no Sul do Brasil confirmando resultados de (ARAÚJO *et al.*, 2006). Nos últimos 4000 AP, é mostrado que o clima fica ainda mais úmido devido ao transporte de umidade mais alto da Amazônia aumentando a intensidade da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) como é mostrado em (SMITH;

MAYLE, 2018). Portanto, a umidade em Botuverá corresponde aos dados climáticos ao longo do tempo no Sudeste do Brasil.

3.5.3 PÓLEN

Os dados de pólen são um total de 8 sendo que os sítios de serra do Rio Rastro, Morro da Igreja, Serra da Boa Vista, Poço Grande e Serra Campos Gerais estão localizados na região Sul do Brasil e os sítios de Morro de Itapeva, Salitre e lago do Pires estão na região Sudeste. Resultados encontrados por (SMITH; MAYLE, 2018) o bioma predominante na região era a floresta tropical semidecídua, porém com o prolongamento da estação seca em 6000 AP resultou na expansão da savana com isso a vegetação respondeu ao clima mais seco, inclusive nas terras altas do Sul do Brasil até em 4000 AP.

A partir de 3500 AP, as florestas de galeria aumentaram sobre o cerrado e mais ao sul, em 1500 AP (BEHLING, 2005; SMITH; MAYLE, 2018). A expansão da Araucária em 3000 AP e 1500 AP na região sul durante o Holoceno tardio revela que o clima ficou mais úmido (BEHLING, 1997a; SMITH; MAYLE, 2018).

Nos sítios de Itapeva, Morro da Igreja, Campos Gerais, Serra do Rio Rastro, apesar de a gramínea estar em maior quantidade, a tendência das florestas é aumentar e se igualar a gramínea principalmente no Holoceno tardio devido ao clima ser mais úmido.

Em Serra da Boa Vista e Poço Grande, a floresta no Holoceno médio revela que o clima na região sul foi mais úmido que da região Sudeste. Em Salitre, entre 5500 AP e 4500 AP, ocorreu um episódio seco com o nível do lago mais baixo até 4000 AP (LEDRU, 1991). Esse evento árido de acordo com (LEDRU, 1991) foi generalizado na América do Sul variando em idades distintas de acordo com a latitude de cada sítio, o que condiz com os sítios de pólen (figura 18), porém ainda é afirmado que, depois de 4000 AP o clima se tornou mais úmido. Portanto, o predomínio da gramínea associado à queima em elevação acompanha o fogo na região 4.

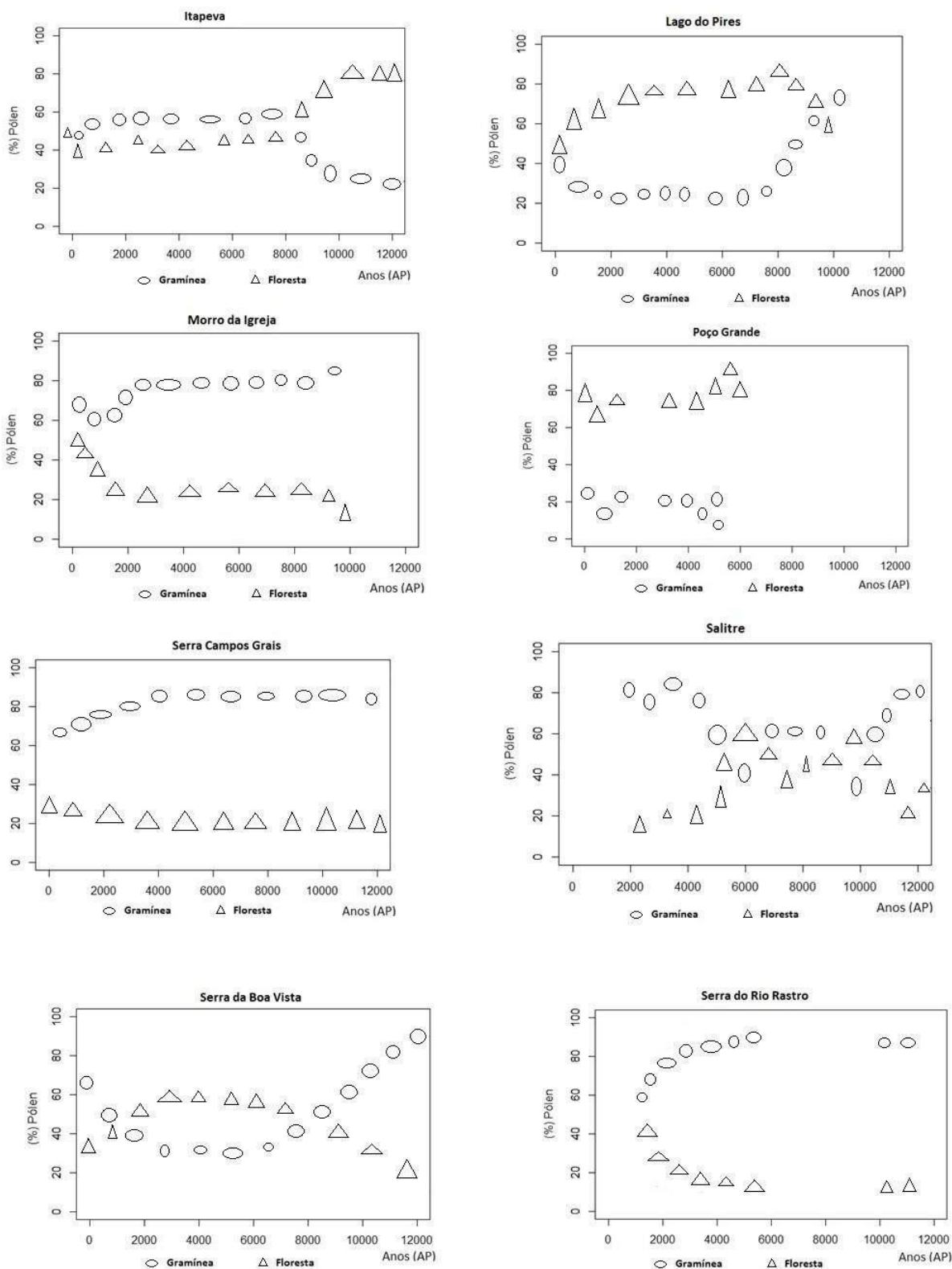


Figura 17 – Sítios de pólen em porcentagens (%) de gramíneas em relação à floresta.

3.6 REGIÃO 5 SUL ANDINO (SA)

3.6.1 CARVÃO

Na (figura 18) o carvão vegetal em 12000 AP tem maior quantidade ficando acima da média (500-2000 AP) caracterizando fogo elevado. Em 11000 AP, o carvão possui valores anômalos negativos o que representa diminuição do fogo na região. Esse período coincide com o evento *Younger Dryas* (12200 – 11000 AP) sendo um período com clima frio (MORENO, 1999) e influenciou na redução de carvão em 11000 AP, na região. Porém em 10000 AP e 9000 AP o carvão adquire valores anômalos positivos aumentando o fogo (figura 18).

Em 7000 AP, o fogo permanece em alta e em 5700 AP, a quantidade de carvão permanece na média. Após esse período observa-se uma redução drástica do fogo em 4000 AP, o que pode estar associada a climas mais úmidos que prevalece durante o Holoceno tardio (WHITLOCK *et al.*, 2006).

Nos últimos 3000 AP, a quantidade de carvão aumenta em 2500 AP e logo em seguida fica na média (500-2000 AP) (figura 18). Entre os sítios de carvão como em Canal de Puntilla, Lago Condorito e El Salto, a atividade de fogo elevada entre 10900 AP e 10200 AP em clima úmido e frio é desconhecida, no entanto há hipóteses de ignição por meio de descargas elétricas, erupções vulcânicas ou atividades humanas (MORENO *et al.*, 1999; MORENO; LEÓN, 2003). Entre 9700 AP a 8700 AP e 7900 AP a 7100 AP, a expansão da floresta decídua temperada revela que o clima estava a configurar mais úmido e ocorrências de deposições de cinzas vulcânicas ou diminuição de chuvas podem ter influenciado o fogo (MORENO *et al.*, 1999; MORENO; LEÓN, 2003).

Na lagoa Aculeo relatou-se que houve três grandes queimas nos últimos 7500 AP respectivamente em 100 AP referidos a atividade humana, e entre 3000 AP e 2500 AP; 5500 AP e 5000 AP influenciados por descargas elétricas durante maior influência de sistemas frontais (MARTÍNEZ *et al.*, 2003). O fogo ocorrido foi relatado em (HEUSSER, 1990) no sítio de Tagua entre 9000 AP e 6800 AP e 2750 e 160 AP também se refere ao impacto humano assim como na lagoa Venus e lago Pollux sendo a partir de 2000 AP (SZEICZ *et al.*, 1998). No lago Mosquito e lago Trebol o fogo foi alto antes de 8500 AP e intercalados durante o Holoceno. Já na lagoa Six Minutes, lagoa Lincoln e lagoa Sbinite entre 7000 AP e 4000 AP fogo pouco frequente indicando que o clima já estava úmido e após 4000 AP é mostrado em

(MARTÍNEZ *et al.*, 2012) que o aumento do fogo pode ser variabilidade do clima e presença humana. Em 4000 AP a quantidade de carvão diminuiu muito realmente devido ao clima úmido (figura 18). O carvão teve tendência a estabilidade durante o holoceno mostrando grande influência dos sistemas ambientais da região.

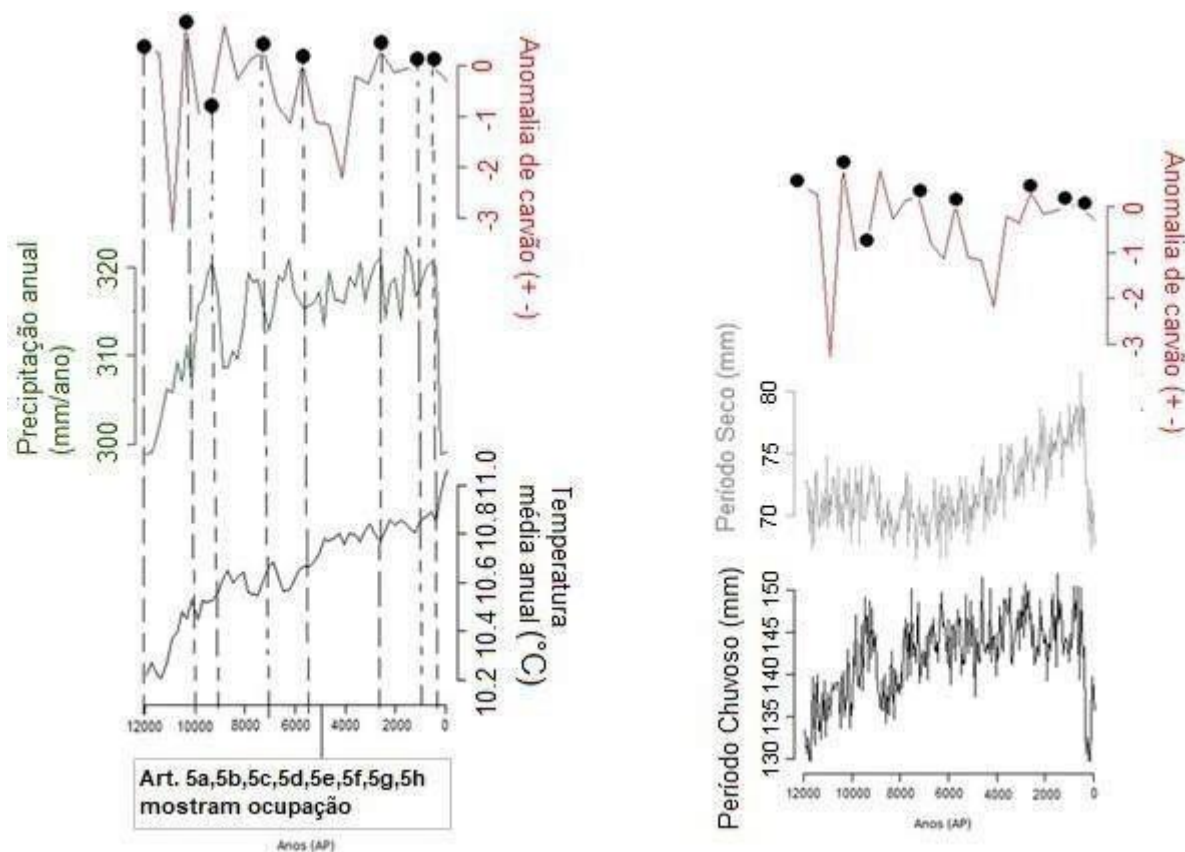


Figura 18– Quantidade de carvão; precipitação anual; Temperatura média anual, linha tracejada com pontos pretos mostram a datação de ocupação humana, comportamento climático durante o período chuvoso, comportamento climático durante o período seco.

3.6.1.1 REGISTROS HISTÓRICOS

O sítio arqueológico de Quebrada Santa Julia na costa semiárida do Chile apresenta registros estratigráficos primários de origem antropogênica em 13000 AP (JACKSON *et al.*, 2007). A localização do sítio representa um ambiente lacustre em que esteve presente a caça e, com isso, a adaptação dos primeiros colonos no continente (JACKSON *et al.*, 2007). Em 12000 AP, foi a época da ocupação na região de Monte Verde e em seguida os humanos continuariam a migrarem a 40 km a jusante no Rio Maullín (DICKINSON, 2011).

Em 10000 AP, a leste no sul da Argentina, ocupações na Piedra Museo, Casa del Minero e Los Toldos cueva estavam presentes estendendo 9000 AP, 7000 AP, 5700 AP até que em 2500 AP, na Patagônia central o que permite assim a temporalidade da presença humana e o uso do espaço na região (REYES *et al.*, 2007; CIVARELO; FRANCO, 2003). Em 5700 AP registros de carvão em elevação coincidem com a presença de humanos na região e, durante os últimos 3000 AP, as populações vão se concentrando cada vez mais de modo regional (MENDEZ *et al.*, 2016).

Registros arqueológicos em Cuchipuy em São Vicente de Tagua (Chile) demonstra a presença humana permanente após 1380 AP indicando um clima úmido e favorável para os assentamentos (JACKSON *et al.*, 2012). No norte da Patagônia é relatado em (VEBLEN *et al.*, 1992; VEBLEN *et al.*, 2003) que o regime de fogo, extração de madeira e gado aumenta nos últimos 400 AP. Baseado nos registros históricos a região esteve ocupada nos anos de 12000 AP, 10000 AP, 9000 AP, 7000 AP, 5700 AP, 2500 AP, 1000 AP e 400 AP o que caracteriza em fogo de origem antrópica.

3.6.1.2 DADOS CLIMÁTICOS

De acordo com os dados do Trace – 21 (Ka), a temperatura média anual aumentou 0,8 °C devido a maior insolação ao longo do tempo (figura 18). A região 5 é caracterizada por ter um clima árido tendo o maior valor de precipitação em torno de 320mm anual durante o Holoceno. Os dados de chuva mostram que a tendência a longo prazo é a configuração de clima mais úmido até em 500 AP quando a precipitação diminui em menos de 300 mm chegando a níveis atuais (figura 19). De acordo com os dados do período seco (setembro, outubro, novembro e dezembro) em 12000 AP a precipitação anual era de 73 mm e durante o período chuvoso (maio, junho, julho e agosto) em torno de 132 mm tendo assim fogo acima da média (figura 18).

Em 11000 AP a precipitação aumenta no período chuvoso e na estação seca permanece abaixo de 75 mm caracterizado em clima mais úmido com fogo abaixo da média o que mostra fogo de origem natural. Em 10000 AP e 9000 AP, durante a estação chuvosa, o aumento da chuva se torna evidente e uma estabilidade da estação seca persiste.

Em 8500 AP a predominância do clima mais seco é observado nos períodos (seco e chuvoso) o que elevou o fogo na região o que caracteriza de origem natural. Em 7000 AP e 5700 AP o clima úmido já bem configurado é devido a precipitação no período chuvoso que chega a 150 mm e quantidade de carvão elevada (figura 19).

A partir de 4000 AP a estação seca tem tendência a aumentar até em 400 AP chegando a 80 mm anual, porém o carvão tem um pico em 2500 AP mostrando fogo acima da média. Após esse período, a estação seca e chuvosa cai abruptamente se aproximando das condições climáticas atuais.

3.6.2 PÓLEN

De acordo com os 25 dados de pólen, os sítios (lago Mosquito, Canauhe, lago Hualahué, lago Moreno, lago Theobald, Canal de la Puntilla, laguna del condor, laguna Padre, Mallín Book, Mallín Fontanito, laguna el Treból, Mallín Polux, Moreno Glacier Bog, Puerto Éden, Tempano sur, Serrucho e Primavera) são observados em maior número a predominância da floresta temperada sendo intacta durante o Holoceno (figura 19).

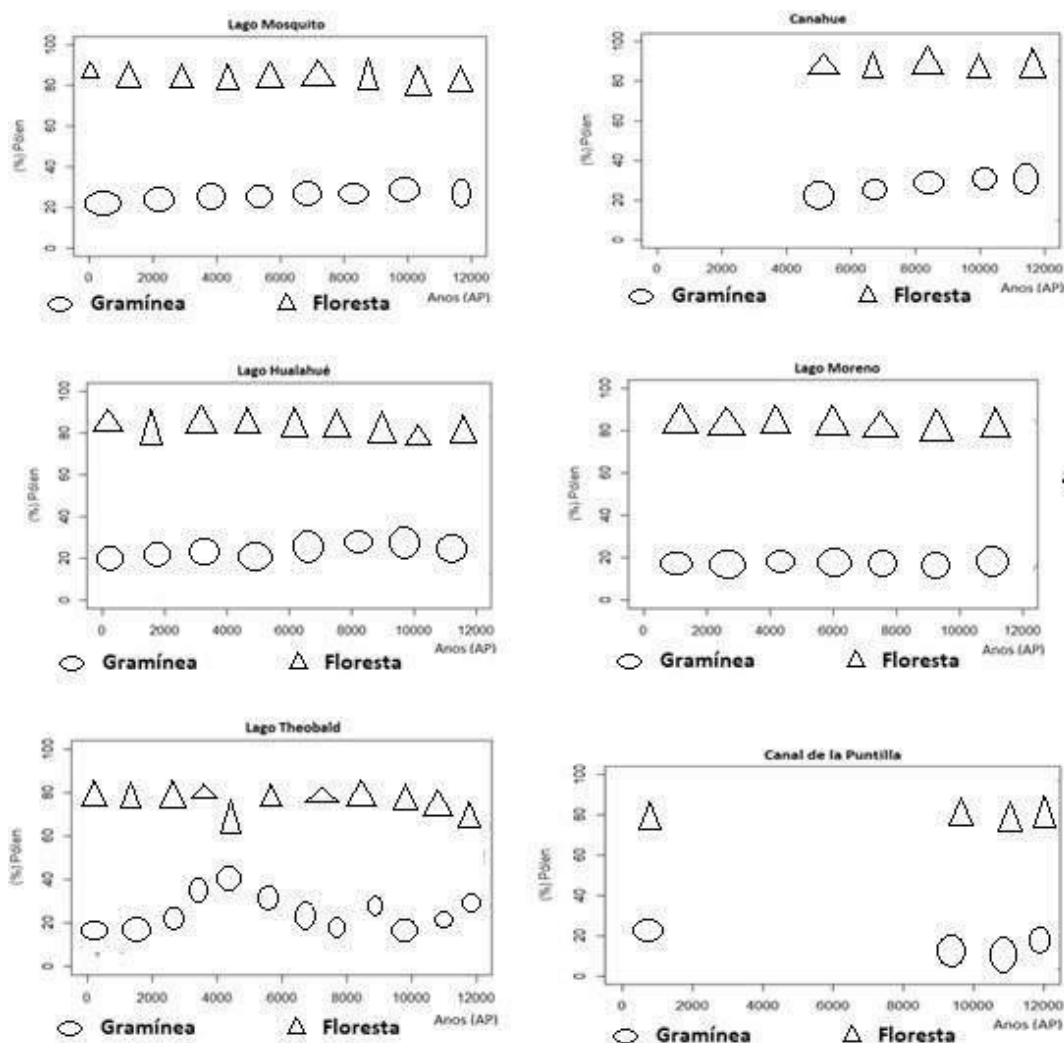
Os outros 8 sítios (Cueva Haichol, Salina 2, Salado, Mallín vaca Lauquen, lago Cardiel, Verana Vulkanpick e Veranada Pelan) (figura 20) correspondem a características climáticas a leste da região 5 na Argentina, portanto, a presença de gramíneas é predominante representando a vegetação de estepes patagônicas semiáridas, com temperaturas anuais mais amenas (MENDEZ *et al.*, 2016).

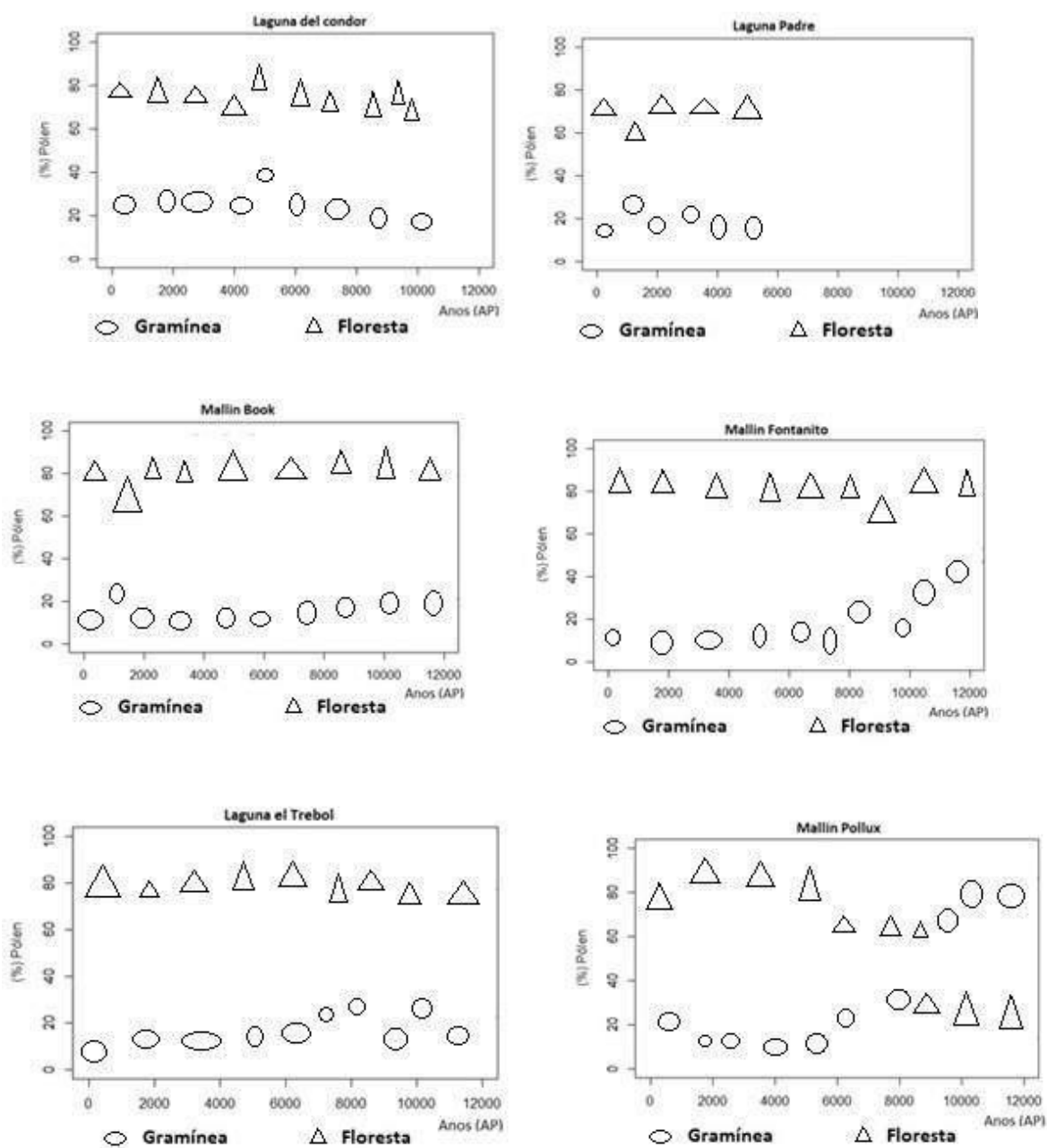
Os ventos de oeste provenientes do oceano Pacífico carregam umidade provocando chuvas orográficas nos Andes do Chile o que faz com que o lado leste tenha clima mais seco (MARTÍNEZ *et al.*, 2012). Entre 12000 AP e 11000 AP, foi sugerido um clima frio e seco devido a fraca intensidade dos ventos de oeste e após 9800 AP aumento da espécie (*Nothofagus*) fechada de clima mais úmido na Patagônia Central e Noroeste (MARTÍNEZ *et al.*, 2012). Esses resultados condizem com os dados de pólen em que as florestas de sobressaem em relação as gramíneas.

Em (NANAVATI *et al.*, 2019) é abordado que durante 11.500 AP e 7000 AP a vegetação era predominada pela *Nothogagus Shrubandou*, floresta aberta e aumento de fogo devido ao clima mais seco durante esse período. Portanto, o domínio maior de florestas nesse período como mostrado nos sítios de pólen deve-

se a outra família de *Nothofagus* devendo ser mais propensa ao fogo e ao clima menos úmido (figura 20).

Após 7000 AP o predomínio da *Nothofagus* fechado revela que o clima estava mais úmido até o presente (NANAVATI *et al.*, 2019). Após 4000 AP é discutido a presença humana na região que pode ter aumentado o fogo e/ou com a variabilidade interanual do clima (NANAVATI *et al.*, 2019; MARTÍNEZ *et al.*, 2012). O aumento de florestas abordado em (NANAVATI *et al.*, 2019) acompanha um padrão de norte a sul iniciado em 12000 AP, no norte da Patagônia depois em 8000 AP na região central e em 4500 AP no Sul, devido à posição dos ventos de oeste. Esses resultados condizem com a predominância de gramíneas no Norte da Patagônia que devido ao deslocamento mais ao sul dos ventos, durante o Holoceno inicial diminuiu a umidade favorecendo o crescimento de vegetação rasteira.





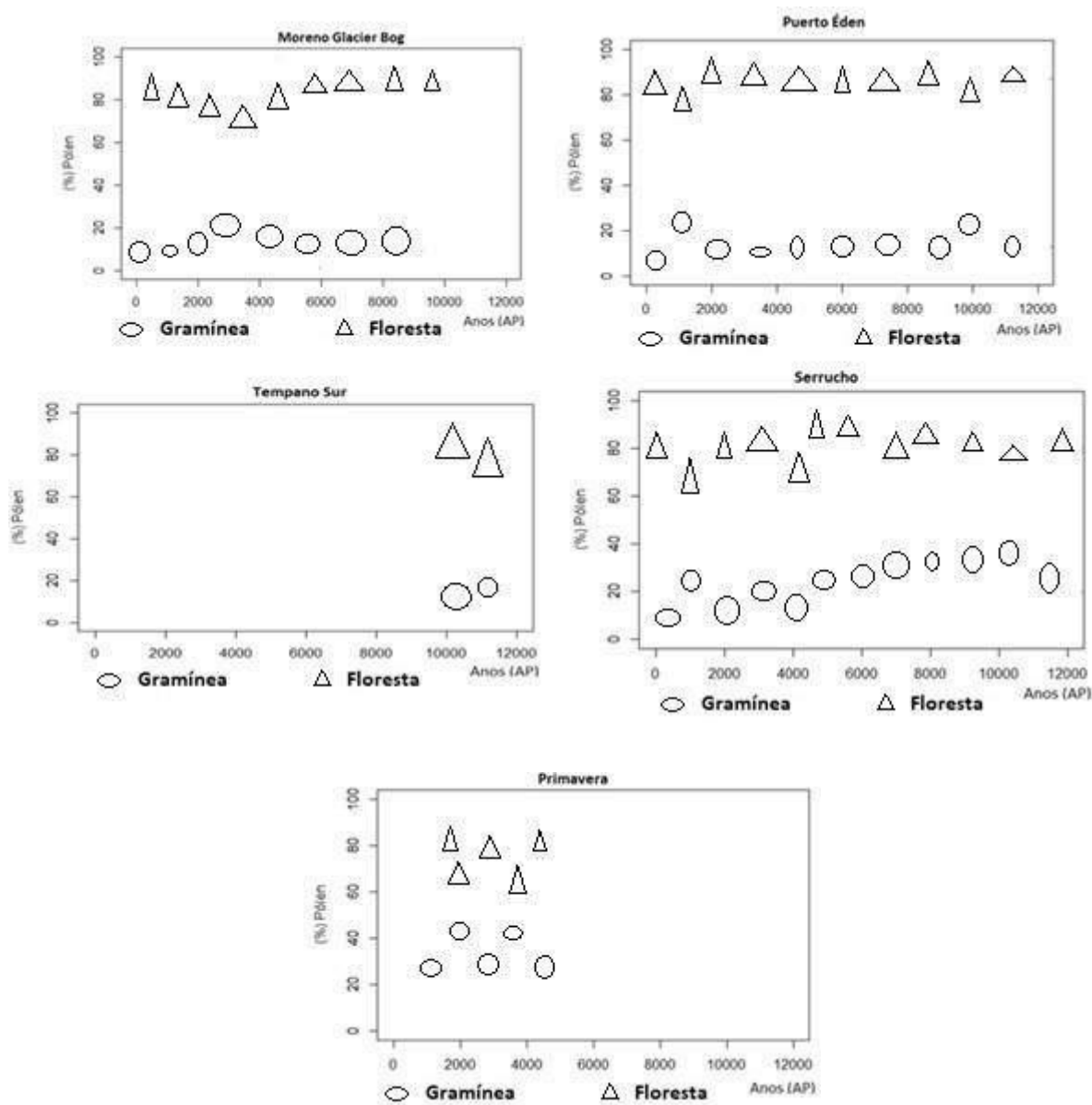


Figura 19 – Sítios de pólen em porcentagens (%) de gramíneas em relação a florestas

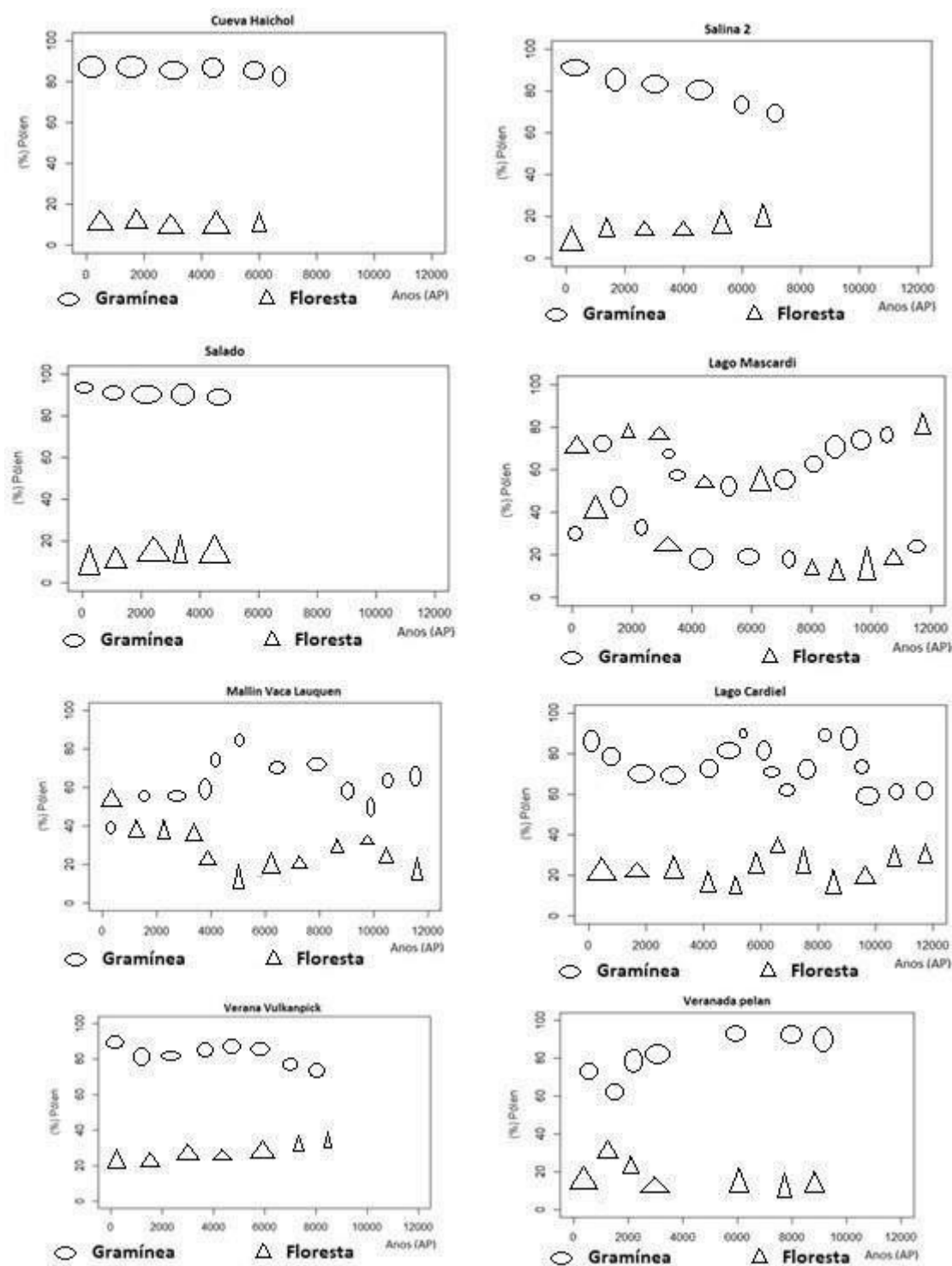


Figura 20 – Sítios de pólen em porcentagens (%) de gramíneas em relação a florestas

3.7 REGIÃO 6 TERRA DO FOGO (TF)

3.7.1 CARVÃO

De acordo com a (figura 21), os valores anômalos positivos de carvão vegetal ficam acima da média (500-2000 AP) durante o Holoceno inicial e médio (12000 – 6000 AP), caracterizando assim alto regime de fogo nesse período. Em 12000 AP, o clima frio e seco mencionado em (MCCULLOCH; DAVES, 2001) não fez com que os valores de carvão tivessem alguma mudança permanecendo acima da média (500-2000 AP) (figura 21).

Ainda em (MCCULLOCH; DAVIES, 2001) é relatado que, entre 10300 AP e 9300 AP, o clima foi mais seco e quente se comparado ao presente, ocasionando assim um aumento de fogo na região. Após esse período de alta atividade do fogo, por volta de 6000 AP a quantidade de carvão diminui ultrapassando a média tornando assim em anomalias negativas devido ao clima configurando a ser mais úmido.

Com isso, em 4000 AP, o carvão atinge sua menor quantidade representando, então, menor fogo para o Holoceno. Durante os últimos 3000 AP, o carvão tende a subir de quantidade, entretanto não ultrapassa a média concluindo que os picos de carvão em 2000 AP e 500 AP representam que o fogo ficou dentro da normalidade. Nos sítios de carvão em Punta Arenas a queima parou em 5000 AP já em Puerto del Hambre o fogo foi frequente em, pelo menos, 5900 AP e Torres del Paine o fogo continuou após 5000 AP (MCCULLOCH; DAVIES, 2001; HEUSSER, 1994).

Na Laguna Azul e Potrock Aike, Lago Guanaco e Vega Nandú o carvão aumentou nos últimos 2000 AP caracterizando em fogo frequente (MAYR *et al.*, 2005; HABERZETTL *et al.*, 2006) foram condizentes com o aumento de carvão no Holoceno tardio (Figura 21). No Rio Rubens, picos de carvão foram frequentes entre 11000 AP e 5500 AP depois desse período, o fogo teve uma diminuição abrupta devido ao estabelecimento de florestas (HUBER *et al.*, 2003). A atividade de fogo foi alta durante o Holoceno inicial e menos frequente até o presente o que revela que a quantidade de carvão teve tendência a diminuir ao longo do tempo.

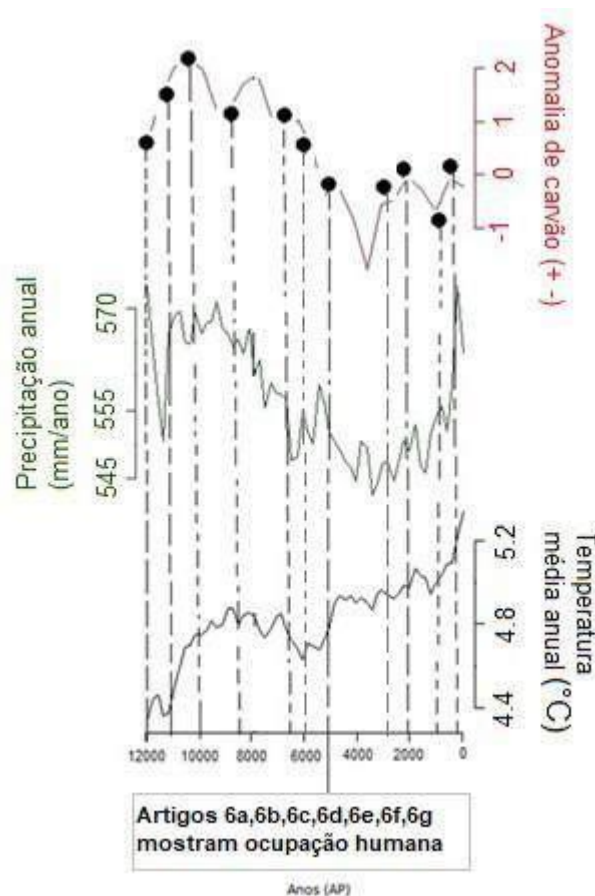


Figura 21 - Quantidade de carvão; precipitação anual; Temperatura média anual; linha tracejada com pontos pretos mostram a datação de ocupação humana.

3.7.1.1 REGISTROS HISTÓRICOS

A caverna Fell's é localizada próximo ao Estreito de Magalhães onde foram encontrados ossos humanos, lareiras para fogo o que representa a primeira ocupação na região em 12000 AP (WATERS *et al.*, 2015). Assim como em três arroyos e cueva e Lago Sofia, a datação, com base nos registros arqueológicos, revelam que a atividade humana ocorreu durante o final do Pleistoceno e posteriormente se estendendo ao Holoceno inicial (STEELE; POLITIS, 2009).

Em 11000 AP e 8600 AP a presença humana é comprovada por (BARRERO, 1999) em várias regiões como nas estepes em Santa Cruz e no lado do Pacífico indicando que as presenças dos primeiros colonos na Terra do Fogo produziram um impacto maior no meio ambiente do que ao longo do Holoceno.

Mais tarde, durante milênios, populações ocuparam a sudeste da terra do fogo em 10000 AP e 7000 AP coincidindo com a quantidade de carvão elevada (figura 21) (HEUSSER, 1994a).

Entre 6000 AP e 5000 AP, as ocupações são relatadas por (ORQUERA; PIANA, 2009) nas quais diversos animais foram abatidos, armas reparadas, tecidos produzidos com matéria local. Em 3200 AP e 2000 AP é abordado por (MANSUR *et al.*, 2013) que a área foi ocupada por grupos de caçadores coletores que desempenhavam atividades econômicas como busca de matéria-primas e fabricação de ferramentas. Os últimos 1600 AP foi marcado pela ignição humana sendo permanente na região já úmida, os assentamentos humanos foram iniciados com severa destruição das florestas, queima, exploração de pastagens (HUBER; MARKGRAF, 2003). Os registros históricos mostram que nos anos de 12000 AP, 11000 AP, 10000 AP, 8600 AP, 7000 AP, 6000 AP, 5000 AP, 3200 AP, 2000 AP, 1000 AP e 500 AP a região esteve ocupada tendo fogo antrópico.

3.7.1.2 DADOS CLIMÁTICOS

De acordo com os dados do Trace – 21 (Ka), a Terra do Fogo é a região mais fria da América do Sul sendo que a temperatura média era em torno de 4.4^o C durante o Holoceno inicial a 5.2^o C durante o presente. O aumento registrado de 0.8^o C é devido a insolação anual ao longo de milênios. Já, a precipitação anual durante o Holoceno foi em torno de 545 mm a 570 mm.

Em 12000 AP, a chuva estava elevada e o carvão acima da média caracteriza então em fogo elevado (figura 21). Após esse período, o clima ficou mais seco em 11000 AP e a queima continuou elevada até em 6000 AP. Resultados encontrados por (MCCULLOCH; DAVIES, 2001) o clima ficou frio e seco até em 10300 AP o que favoreceu o fogo na região. Entretanto, o dado da precipitação revela que a tendência do clima é ser mais seco devido a diminuição da chuva durante o Holoceno médio até em 1000 AP.

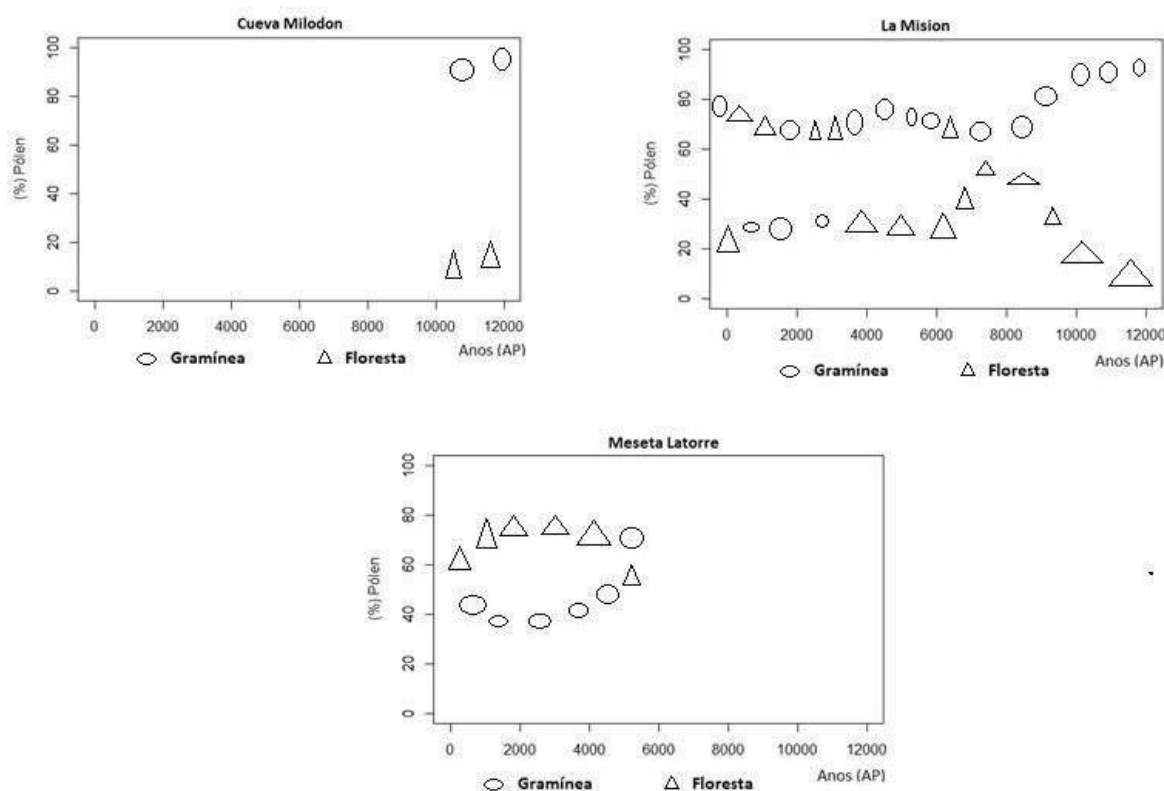
3.7.2 PÓLEN

De acordo com os 8 dados de pólen, os sítios de (Cueva Milodon, La mision, Meseta Latorre, Harberton, Paso Garibaldi, Rio Rubens, Yehuin e Isla Clarence) mostram o tipo de vegetação em acordo com o clima predominante da época (figura 22). O clima seco é mostrado pela maior taxa de gramínea somente entre 12000 AP e 11000 AP nos sites: Cueva Milodon e Harberton enquanto que os outros sítios a estação seca perduram até em 8000 AP em Isla Clarence e Paso Garibaldi e até 7000 AP no Rio Rubens e até 6000 AP em Yehuin. Após esse período, todos os

sítios mostram que o clima ficou mais úmido devido a predominância de florestas até o presente (figura 22).

Em (MARKGRAF, 1985) é demonstrado que a expansão de *nothofagus* (espécie de árvore do Sul) ocorreu após 8000 AP tornando assim um clima mais úmido na região. A terra do Fogo, durante o Holoceno inicial, era composta por pradarias que se expandiram para latitudes altas do Sul confirmando um clima mais seco (MARKGRAF, 1985). Em (MARKGRAF; HUBER, 2010), após 5500 AP as densas florestas permitiriam uma diminuição do fogo, apesar de sofrerem com ação antrópica (figura 22).

Durante o Holoceno inicial, a vegetação era propícia ao aumento do fogo e devido a uma estação seca no verão, foi detectada pelos registros de carvão da região (MARKGRAF, 1993). Esses resultados condizem com o aumento de carvão até 8000 AP (figura 21). Durante o Holoceno tardio, o aumento de umidade é relatado em (MARKGRAF, 1993) devido aos ventos de oeste que se intensificaram até as condições modernas o que pode ter culminado no aumento das florestas nos sítios de pólen (figura 22).



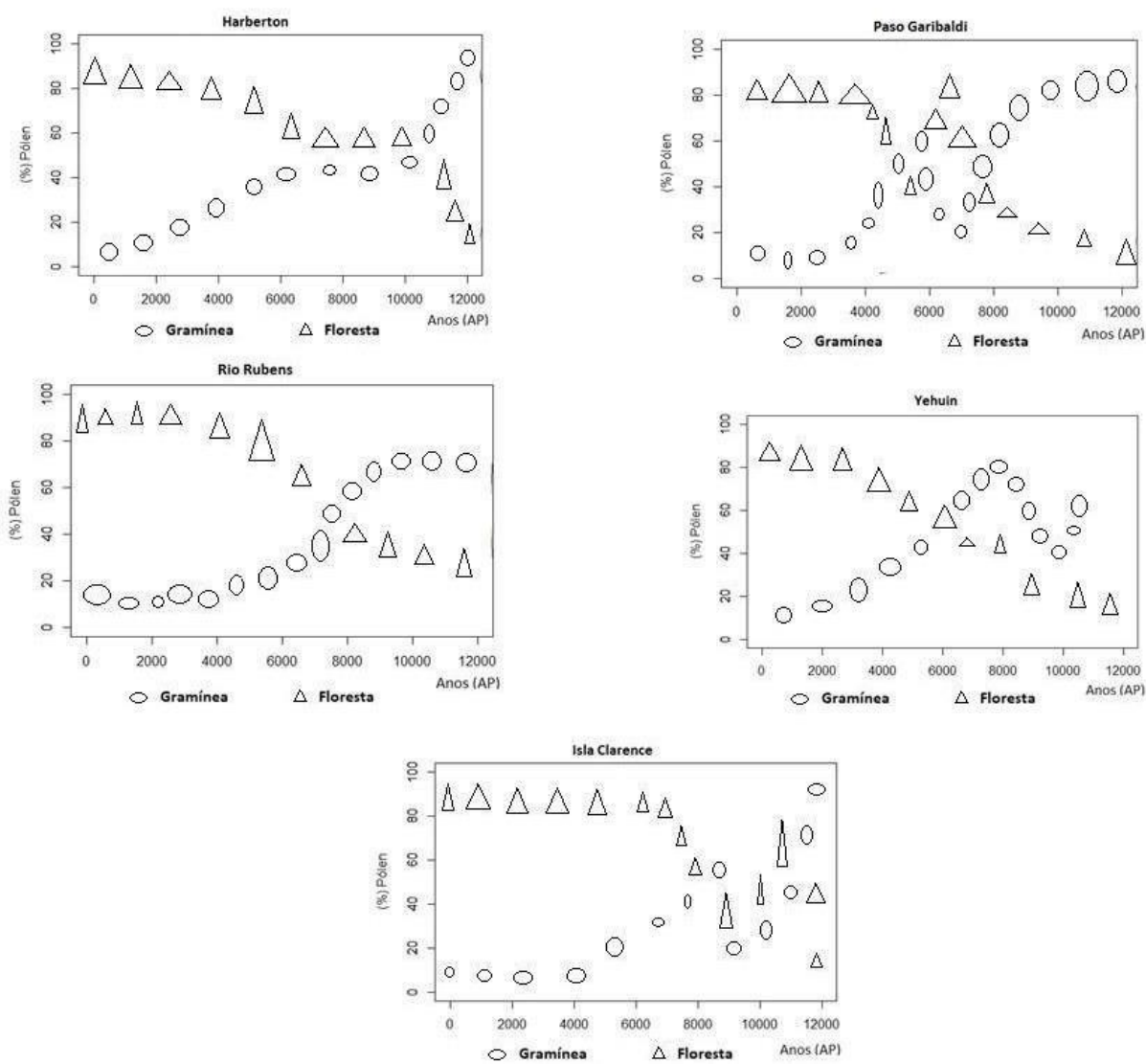


Figura 22 - Sítios de pólen em porcentagens (%) de gramíneas em relação a florestas.

4. CONCLUSÕES

- Região 1: 11 registros de fogo antrópico e 3 natural (9000 AP, 5000 AP e 3000 AP). Fogo maior em 2500 AP e 500 AP. No fogo natural, o espeleotema, precipitação anual, período seco e chuvoso confirma o clima mais úmido com menor frequência de fogo. Em 9000 AP o clima úmido somente no período chuvoso fez com que a frequência de fogo diminuisse.
- Região 2: 12 registros de fogo antrópico e 2 natural (9500 AP e 6000 AP). Fogo maior em 12000 AP, 11000 AP, 10000 AP, 9000 AP, 7450 AP, 6600 AP, 4750 AP, 3630 AP. No fogo natural, o pólen, precipitação anual, períodos seco, chuvoso e espeleotema mostram clima mais úmido com fogo menos frequente.
- Região 3A: 8 registros de fogo antrópico e 4 natural (12000 AP, 11000 AP, 7000 AP e 4000 AP). Fogo maior em 6000 AP, 5000 AP e 1200 AP. No espeleotema, pólen e precipitação anual indicam clima seco para 7000 AP e 12000 AP, mas não tem fogo frequente devido a maior chuva no período seco. Em 11000 AP o clima úmido definido nos períodos seco e chuvoso tem menor frequência de fogo. Clima úmido em 4000 AP no espeleotema e no período chuvoso apresenta menor frequência de fogo.
- Região 3B: 12 registros de fogo antrópico e 3 natural (12000 AP, 9800 AP e 7700 AP). Fogo maior em 10250 AP, 8700 AP, 6850 AP, 6000 AP, 4700 AP e 3630 AP. Em 12000 AP o clima úmido é indicado no período seco, chuvoso e pela precipitação anual diminuindo o fogo. Em 9800 AP o clima seco é confirmado pelo pólen e nos períodos seco e chuvoso tendo maior frequência de fogo. Em 7700 AP o clima úmido somente no período seco diminuiu a frequência de fogo.
- Região 4: 9 registros de fogo antrópico e 3 natural (10200 AP, 7000 AP e 6000 AP). Fogo maior em 4000 AP, 3000 AP e 1000 AP. No fogo natural, o clima seco é indicado no espeleotema, precipitação anual, período seco e chuvoso tendo fogo frequente.

- Região 5: 8 registros de fogo antrópico e 3 natural (8500 AP, 11000 AP e 4000 AP). Fogo maior em 12000 AP, 10000 AP, 8500 AP, 7000 AP e 2500 AP. O clima seco em 8500 AP é mostrado pela precipitação anual e no período seco e chuvoso tendo fogo frequente. Em 4000 AP o clima úmido é indicado pelo período seco, chuvoso e pólen tendo menor frequência de fogo.
- Região 6: 11 registros de fogo antrópico e 3 natural (3800 AP, 9000 AP e 8000 AP). Fogo maior em 12000 AP, 11000 AP, 10000 AP, 9000 AP, 8600 AP, 8000 AP, 7000 AP e 6000 AP. No fogo natural, o pólen mostra o clima seco com maior frequência de fogo no Holoceno inicial e úmido com menor frequência de fogo no Holoceno médio e tardio.

REFERÊNCIAS

ACEITUNO, F. J., LOAIZA, N., DELGADO-BURBANO, M. E., BARRIENTOS, G. The initial human settlement of Northwest South America during the Pleistocene/Holocene transition: Synthesis and perspectives. **Quaternary International** v. 301, p. 23-33, 2013. **(1a)**

ARAUJO, A. G. D. M., PILO, L. B., NEVES, W. A., ATUI, J. P. V. Human occupation and paleoenvironments in South America: expanding the notion of an “Archaic Gap”. **Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia**, n. 15-16, p. 3-35, 2006. **(4c)**

ASHWORTH, A. C., MARKGRAF, V., VILLAGRAN, C. Late Quaternary climatic history of the Chilean Channels based on fossil pollen and beetle analyses, with an analysis of the modern vegetation and pollen rain. **Journal of Quaternary Science**, v. 6, n. 4, p. 279-291, 1991.

ASHWORTH, A. C., MARKGRAF, V. E. R. A. Climate of the Chilean Channels between 11,000 and 10,000 yr BP based on fossil beetle and pollen analyses. **Revista Chilena de Historia Natural** vol. 62, p. 61-74, 1989.

ATHENS, J. S.; WARD, J. V. The late Quaternary of the western Amazon: climate, vegetation and humans. **Antiquity**, v. 73, n. 280, p. 287-302, 1999.

BEHLING, H. A high resolution Holocene pollen record from Lago do Pires, SE Brazil: vegetation, climate and fire history. **Journal of Paleolimnology** v. 14, n. 3, p. 253-268, 1995.

BEHLING, H. Late Quaternary vegetation, climate and fire history from the tropical mountain region of Morro de Itapeva, SE Brazil. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology** v. 129, n. 3-4, p. 407-422, 1997.

BEHLING, H. First report on new evidence for the occurrence of Podocarpus and possible human presence at the mouth of the Amazon during the Late-glacial. **Vegetation History and Archaeobotany**, v. 5, n. 3, p. 241-246, 1996.

BEHLING, H., HOOGHMSTRA, H., NEGRET, A. J. Holocene history of the Chocó rain forest from Laguna Piusbi, Southern Pacific lowlands of Colombia. **Quaternary Research** v. 50, n. 3, p. 300-308, 1998.

BEHLING, H., BERRIO, J. C., HOOGHMSTRA, H. Late Quaternary pollen records from the middle Caquetá river basin in central Colombian Amazon. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology** v. 145, n. 1-3, p. 193-213, 1999.

BEHLING, H.; COSTA, M. L. D. Studies on Holocene tropical vegetation, mangrove and coast environments in the state of Maranhão, NE Brazil. **Quaternary of South America and Antarctic Peninsula**, v. 10, n. 7, p. 93-118, 1997.

BEHLING, H., HOOGHMSTRA, H. Holocene Amazon rainforest–savanna dynamics and climatic implications: high-resolution pollen record from Laguna Loma

Linda in eastern Colombia. **Journal of Quaternary Science: Published for the Quaternary Research Association**, vol. 15, n. 7, p. 687-695, 2000.

BEHLING, H. Late glacial and Holocene vegetation, climate and fire history inferred from Lagoa Nova in the southeastern Brazilian lowland. **Vegetation History and Archaeobotany**, v. 12, n. 4, p. 263-270, 2003.

BEHLING, H., NEGRET, A. J., HOOGHMSTRA, H. Late Quaternary vegetational and climatic change in the Popayán region, southern Colombian Andes. **Journal of Quaternary Science: Published for the Quaternary Research Association**, v. 13, n. 1, p. 43-53, 1998.

BEHLING, H.; DA COSTA, M. L. Holocene environmental changes from the Rio Curuá record in the Caxiuana region, eastern Amazon Basin. **Quaternary Research**, v. 53, n. 3, p. 369-377, 2000.

BEHLING, H., DA COSTA, M. L. Holocene vegetational and coastal environmental changes from the Lago Crispim record in northeastern Pará State, eastern Amazonia. **Review of Palaeobotany and Palynology**, v. 114, n. 3-4, p. 145-155, 2001.

BEHLING, H., PILLAR, V. D., BAUERMANN, S. G. Late Quaternary grassland (Campos), gallery forest, fire and climate dynamics, studied by pollen, charcoal and multivariate analysis of the São Francisco de Assis core in western Rio Grande do Sul (southern Brazil). **Review of Palaeobotany and Palynology** v. 133, n. 3-4, p. 235-248, 2005.

BEHLING, H., PILLAR, V. D., ORLÓCI, L., BAUERMANN, S. G. Late Quaternary Araucaria forest, grassland (Campos), fire and climate dynamics, studied by high-resolution pollen, charcoal and multivariate analysis of the Cambará do Sul core in southern Brazil. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 203, n. 3-4, p. 277-297, 2004.

BEHLING, H. Late Quaternary environmental changes in the Lagoa da Curuça region (eastern Amazonia, Brazil) and evidence of Podocarpus in the Amazon lowland. **Vegetation History and Archaeobotany**, v. 10, n. 3, p. 175-183, 2001.

BEHLING, H. Late Quaternary vegetation, climate and fire history of the Araucaria forest and campos region from Serra Campos Gerais, Paraná State (South Brazil). **Review of palaeobotany and palynology** v. 97, n. 1-2, p. 109-121, 1997.

BEHLING, H. Late Quaternary vegetation, fire and climate dynamics of Serra do Araçatuba in the Atlantic coastal mountains of Paraná State, southern Brazil. **Vegetation History and Archaeobotany** v. 16, n. 2-3, p. 77-85, 2007.

BERNAL, J. P., CRUZ, F. W., STRÍKIS, N. M., WANG, X., DEININGER, M., Catunda, M. C. A., OBREGÓN, C., CHENG, H., EDWARDS, R., AULER, A. S. High-resolution Holocene South American monsoon history recorded by a speleothem from Botuverá Cave, Brazil. **Earth and Planetary Science Letters** v. 450, p. 186-196, 2016.

BERNAL, J. P., LACHNIET, M., MCCULLOCH, M., MORTIMER, G., MORALES, P., CIENFUEGOS, E. A speleothem record of Holocene climate variability from southwestern Mexico. **Quaternary Research** v. 75, n. 1, p. 104-113, 2011.

BERRÍO, J. C., HOOGHMSTRA, H., MARCHANT, R., RANGEL, O. Late-glacial and Holocene history of the dry forest area in the south Colombian Cauca Valley. **Journal of Quaternary Science: Published for the Quaternary Research Association**, v. 17, n. 7, p. 667-682, 2002.

BLARQUEZ, O., VANNIÉRE, B., MARLON, J. R., DANIAU A. -L., POWER, M. J., BREWER, S., BARTLEIN, P. J. paleofire: an R package to analyse sedimentary charcoal records from the Global Charcoal Database to reconstruct past biomass burning. **Computers & Geosciences**, v. 72, p. 255–261, 2014.

BOOYSEN, P. de V.; TAINTON, Neil Melbourne. **Ecological effects of fire in South African ecosystems**. Springer Science & Business Media, v. 48, p. 426-444, 2012.

BORRERO, L. A. Human dispersal and climatic conditions during Late Pleistocene times in Fuego-Patagonia. **Quaternary International**, v. 53, p. 93-99, 1999. **(6c)**

BOWMAN, D. M., BALCH, J., ARTAXO, P., BOND, W. J., CoCHRANE, M. A., D'ANTONIO, C. M., ... & KULL, C. A. The human dimension of fire regimes on Earth. **Journal of biogeography**, v. 38 n. 12, p. 2223-2236, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/0102-778631320150142>

BRADSHAW, R.H.W. Methods and pollen studies: Palynology in Stand-Scale. **Earth Systems and Environmental Sciences**, vol, 4, p. 846-853, 2013. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53643-3.00178-3>

BRYAN, A. L., CASAMIQUELA, R. M., CRUXENT, J. M., GRUHN, R., OCHSENIUS, C. An El Jobo Mastodon Kill at Taima-Taima, Venezuela. **Science**, v. 200, n. 4347, p. 1275-1277, 1978. **(1b)**

BUENO, L.; DIAS, A. Povoamento inicial da América do Sul: contribuições do contexto brasileiro. **Estudos Avançados**, v. 29, n. 83, p. 119-147, 2015. **(4d)**

BURBRIDGE, R. E., MAYLE, F. E., KILLEEN, T. J. Fifty-thousand-year vegetation and climate history of Noel Kempff Mercado National park, Bolivian Amazon. **Quaternary Research**, v. 61, n. 2, p. 215-230, 2004.

BUSH, M.B, HANSEN, B.C.S, RODBELL, D.T, SELTZER, G.O, YOUNG, K.R, LEON, B.L, ABBOTT, M.B, SILMAN, M.R, GOSLING, W.D. A 17,000-year history of Andean climate and vegetation change from Laguna de Chochos, Peru. **Journal of Quaternary Science: Published for the Quaternary Research Association** v. 20, n. 7-8, p. 703-714, 2005.

BUSH, M. B., SILMAN, M. R., DE TOLEDO, M. B., LISTOPAD, C., GOSLING, W. D., WILLIAMS, C., KRISSEL, C. Holocene fire and occupation in Amazonia: records from two lake districts. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 362, n. 1478, p. 209-218, 2007.

BUSH, M. B., MILLER, M. C., DE OLIVEIRA, P. E., COLINVAUX, P. A. Two histories of environmental change and human disturbance in eastern lowland Amazonia. **The Holocene**, v. 10, n. 5, p. 543-553, 2000.

BUSH, M. B., SILMAN, M. R., LISTOPAD, C. M. C. S. A regional study of Holocene climate change and human occupation in Peruvian Amazonia. **Journal of biogeography**, v. 34, n. 8, p. 1342-1356, 2007. **(3b3)**

CAPRILLES, J. M.; ALBARRACIN-JORDAN, J. The earliest human occupations in Bolivia: A review of the archaeological evidence. **Quaternary International**, v. 301, p. 46-59, 2013. **(3a3)**

CARSON, J. F., WHITNEY, B. S., MAYLE, F. E., IRIARTE, J., PRUMERS, H., SOTO, J. D., WATLING, J. Environmental impact of geometric earthwork construction in pre-Columbian Amazonia. **Proceedings of the National Academy of Sciences** v. 111, n. 29, p. 10497-10502, 2014.

CHAPMAN, J. **Tellico archaeology: 12,000 years of Native American history**. Tennessee Valley Authority, 1985.

CHENG, H., SINHA, A., CRUZ, F. W., WANG, X., EDWARDS, R. L., D'HORTA, F. M., Auler, A. S. Climate change patterns in Amazonia and biodiversity. **Nature communications** v. 4, n. 1, p. 1-6, 2013.

CHEPSTOW-LUSTY, A. J., BENNETT, K. D., FIELDSA, J., KENDALL, A., GALIANO, W., HERRERA, A. T. Tracing 4,000 years of environmental history in the Cuzco area, Peru, from the pollen record. **Mountain Research and Development** p. 159-172, 1998.

CHURCH, W. B. **Prehistoric Cultural Development and Interregional Interaction in the Tropical Montane Forests of Peru**. 1996. (Tese de Doutorado, Yale University). **(1h)**

CLARK, J. S. Particle motion and the theory of charcoal analysis: source area, transport, deposition, and sampling. **Quaternary Research**, v. 30, n. 1, p. 67-80, 1988. [https://doi.org/10.1016/0033-5894\(88\)90088-9](https://doi.org/10.1016/0033-5894(88)90088-9)

CIVARELO, M. T.; FRANCO, N. V. Early human occupations in western Santa Cruz province, southernmost South America. **Quaternary international**, v. 109, p. 77-86, 2003. **(5c)**

COLINVAUX, P. A., BUSH, M. B., STEINITZ-KANNAN, M., MILLER, M. C. Glacial and postglacial pollen records from the Ecuadorian Andes and Amazon. **Quaternary Research**, v. 48, n. 1, p. 69-78, 1997.

CORDEIRO, R. C., TURCQ, B., SUGUIO, K., DA SILVA, A. O., SIFEDDINE, A., VOLKMER-RIBEIRO, C. Holocene fires in East Amazonia (Carajás), new evidences, chronology and relation with paleoclimate. **Global and planetary change**, v. 61, n. 1-2, p. 49-62, 2008.

CRAIG, N., ALDENDERFER, M., BAKER, P., RIGSBY, C. Terminal Archaic settlement pattern and land cover change in the Rio Ilave, southwestern Lake

Titicaca Basin, Peru. **The archaeology of anthropogenic environments**, p. 35-53, 2010. **(3a5)**

CRAWFORD, A. J.; BELCHER, C. M. Charcoal morphometry for paleoecological analysis: the effects of fuel type and transportation on morphological parameters. **Applications in plant sciences**, vol. 2, n. 8, p. 1400004, 2014.

CRUZ, F. W., BURNS, S. J., KARMANN, I., SHARP, W. D., VUILLE, M., FERRARI, A., CARDOSO, A. O., DIAS, P., VIANA, O. Insolation-driven changes in atmospheric circulation over the past 116,000 years in subtropical Brazil. **Nature**, v. 434, n. 7029, p. 63-66, 2005.

DANIAU, A. L., BARTLEIN, P. J., HARRISON, S. P., PRENTICE, I. C., BREWER, S., FRIEDLINGSTEIN, P., MOONEY, S., HARRISON-PRENTICE, T. I., INOUE, J., IZUMI, K., MARLON, R., POWER, M. J., STEVENSON, J., TINNER, M., ANDRICE, A., ATANASSOVA, J., BEHLING, H., BLACK, M., BLARQUEZ, O., BROWN, K. J., CARCAILLET, C., COLHOUN, E. A., COLOMBAROLI, D., DAVIS, B. A. S., COSTA, D. D., DODSON, J., DUPONT, L., ESHETU, Z., GAVIN, D. G., GENRIES, A., HABERLE, S., HALLETT, D. J., HOPE, G., HORN, S. P., KASSA, T. G., KATAMURA, F., KENNEDY, L. M., KERSHAW, P., KRIVONOGOV, S., LONG, C., MAGRI, D., MARINOVA, E., MCKENZIE, G. M., MORENO, P. I., MOSS, P., NEUMANN, F. H., NORSTROM, E., PAITRE, C., RIUS, D., ROBERTS, N., ROBINSON, G. S., SASAKI, N., SCOTT, L., TAKAHARA, H., TERWILLIGER, V., THEVENON, F., TURNER, R., VALSECCHI, V. G., VANNIERE, B., WALSH, M., WILLIAMS, N., ZHANG, Y. Predictability of biomass burning in response to climate changes. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 26, n. 4, P. 4007-4015, 2012.

DICKINSON, W. R. Geological perspectives on the Monte Verde archeological site in Chile and pre-Clovis coastal migration in the Americas. **Quaternary Research**, v. 76, n. 2, p. 201-210, 2011. **(5a)**

DILLEHAY, T. D., CALDERÓN, G. A., POLITIS, G., COUTINHO, M. D. C. Earliest hunters and gatherers of South America. **Journal of World Prehistory**, v. 6, n. 2, p. 145-204, 1992. **(3a4), (4a)**

ERICKSON, C. L. An artificial landscape-scale fishery in the Bolivian Amazon. **Nature**, v. 408, n. 6809, p. 190-193, 2000.

FORMERLY THE NATIONAL CLIMATE DATA CENTER. National Oceanic and Atmospheric Administration. NOAA. Disponível em: <<https://www.ncdc.noaa.gov/data-access/paleoclimatology-data/datasets/speleothem>>. Acesso em: 28 de junho de 2019.

GANOPOLSKI, A. Climate Change Models. **Earth Systems and Environmental Sciences**, Elsevier, v. 2, p.48-57, 2018. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.11166-2>

GLOBAL CHARCOAL DATABASE. GDC. Disponível em: <<https://www.paleofire.org/>>. Acesso em: 28 de junho de 2019.

GNECCO, C.; MOHAMMED, A. Tecnología de cazadores-recolectores subandinos: Análisis funcional y organización tecnológica. **Revista colombiana de antropología**, v. 31, p. 6-31, 1994. (1e)

GONZÁLEZ-CARRANZA, Z., BERRÍO, J. C., HOOGHIEMSTRA, H., DUIVENVOORDEN, J. F., BEHLING, H. Changes of seasonally dry forest in the Colombian Patía Valley during the early and middle Holocene and the development of a dry climatic record for the northernmost Andes. **Review of Palaeobotany and Palynology**, v. 152, n. 1-2, p. 1-10, 2008.

GOSLING, W. D.; CORNELISSEN, H. L.; MCMICHAEL, C. N. H. Reconstructing past fire temperatures from ancient charcoal material. **Palaeogeography, palaeoclimatology, palaeoecology**, v. 520, p. 128-137, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2019.01.029>

GOUVEIA, S. E. M., PESSENDA, L. C. R., ARAVENA, R., BOULET, R., SCHEEL-YBERT, R., BENDASSOLI, J. A., FREITAS, H. A. Carbon isotopes in charcoal and soils in studies of paleovegetation and climate changes during the late Pleistocene and the Holocene in the southeast and centerwest regions of Brazil. **Global and Planetary change**, v. 33, n. 1-2, p. 95-106, 2002.

GOUVEIA, S. E. M., PESSENDA, L. C. R., ARAVENA, R., BOULET, R., SCHEEL-YBERT, R., BENDASSOLI, J. A., FREITAS, H. A., RIBEIRO, A. S. Carbon isotopes in charcoal and soils in studies of paleovegetation and climate changes during the late Pleistocene and the Holocene in the southeast and centerwest regions of Brazil. **Global and Planetary change** v. 33, n. 1-2, p. 95-106, 2002.

GOWLETT, J. A., HARRIS, J. W., WALTON, D., & WOOD, B. A. Early archaeological sites, hominid remains and traces of fire from Chesowanja, Kenya. **Nature International Journal of Science**, v. 294, n. 5837, p. 125-129, 1981.

HABERZETTL, T., FEY, M., LUCKE, A., MAIDANA, N., MAYR, C., OHLENDORF, C., ZOLITSCHKA, B. Climatically induced lake level changes during the last two millennia as reflected in sediments of Laguna Potrok Aike, southern Patagonia (Santa Cruz, Argentina). **Journal of Paleolimnology**, v. 33, n. 3, p. 283-302, 2005.

HANSELMAN, J. A., GOSLING, W. D., PADUANO, G. M., & BUSH, M. B. Contrasting pollen histories of MIS 5e and the Holocene from Lake Titicaca (Bolivia/Peru). **Journal of Quaternary Science: Published for the Quaternary Research Association** v. 20, n. 7-8, p. 663-670, 2005.

HANSEN, B. C. S., RODBELL, D. T., SELTZER, G. O., LEÓN, B., YOUNG, K. R., ABBOTT, M. Late-glacial and Holocene vegetational history from two sites in the western Cordillera of southwestern Ecuador. **Palaeogeography, Paleoclimatology, Palaeoecology**, v. 194, n. 1-3, p. 79-108, 2003..

HEINE, J. T. A reevaluation of the evidence for a Younger Dryas climatic reversal in the tropical Andes. **Quaternary Science Reviews**, v. 12, n. 9, p. 769-779, 1993.

HEUSSER, C. J. Paleoindians and fire during the late Quaternary in southern South America. **Revista Chilena de Historia Natural**, v. 67, n. 4, p. 435-443, 1994. (6d)

HEUSSER, C. J. Late-glacial and Holocene vegetation and climate of subantarctic South America. **Review of Palaeobotany and Palynology**, v. 65, n. 1-4, p. 9-15, 1990.

HEUSSER, C. J. Three Late Quaternary pollen diagrams from Southern Patagonia and their palaeoecological implications. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 118, n. 1-2, p. 1-24, 1995.

HEUSSER, C. J. Ice age vegetation and climate of subtropical Chile. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology** v. 80, n. 2, p. 107-127, 1990.

HIGUERA, P. E., BRILES, C. E., WHITLOCK, C. Fire-regime complacency and sensitivity to centennial-through millennial-scale climate change in Rocky Mountain subalpine forests, Colorado, USA. **Journal of Ecology**, v. 102, n. 6, p. 1429-1441, 2014. doi: 10.1111/1365-2745.12296

HUBER, U. M., MARKGRAF, V. European impact on fire regimes and vegetation dynamics at the steppe-forest ecotone of southern Patagonia. **The Holocene**, v. 13, n. 4, p. 567-579, 2003. **(6g)**

HUBER, U. M., MARKGRAF, V., SCHABITZ, F. Geographical and temporal trends in Late Quaternary fire histories of Fuego-Patagonia, South America. **Quaternary Science Reviews**, v. 23, n. 9-10, p. 1079-1097, 2004.

IGLESIAS, V., WHITLOCK, C. Fire responses to postglacial climate change and human impact in northern Patagonia (41–43 S). **Proceedings of the National Academy of Sciences** v. 111, n. 51, p. E5545-E5554, 2014.

JACKSON, D., ASPILLAGA, E., RODRÍGUEZ, X. P., JACKSON, D., SANTANA, F., MÉNDEZ, C. Las ocupaciones humanas del sitio arqueológico de Santa Inés, Laguna de Tagua Tagua, Chile central. **Revista Chilena de Antropología**, n. 26, 2012. **(5f)**

JACKSON, D., MÉNDEZ, C., SEGUÉL, R., MALDONADO, A., VARGAS, G. Initial occupation of the Pacific coast of Chile during Late Pleistocene times. **Current Anthropology**, v. 48, n. 5, p. 725-731, 2007. **(5b)**

JOSE, Guilherme Martins dos Santos. **Introdução ao Grid analysis and display system (GrADS)**. INPE, 2014. Disponível em <<https://urlib.net/8JMKD3MGP5W34M/3G5LD6B>>. Acesso em: 08 de fevereiro de 2020.

KANNER, L. C., BURNS, S. J., CHENG, H., EDWARDS, R. L., VUILLE, M. High-resolution variability of the South American summer monsoon over the last seven millennia: insights from a speleothem record from the central Peruvian Andes. **Quaternary Science Reviews** v. 75, p. 1-10, 2013.

KELLY, T. J., LAWSON, I. T., ROUCOUX, K. H., BAKER, T. R., JONES, T. D., SANDERSON, N. K. The vegetation history of an Amazonian domed peatland. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 468, p. 129-141, 2017.

- KERN, D. C. **Geoquímica e pedogeoquímica em sítios arqueológicos com terra preta na floresta nacional de Caxiuanã** (Portel-PA). 1996. **(2e)**
- LAHAYE, C., HERNANDEZ, M., BOEDA, E., FELICE, G. D., GUIDON, N., HOELTZ, S., LOURDEAU, A., PAGLI, M., PESSIS, ANNE-MARIE., RASSE, M., VIANA, S. Human occupation in South America by 20,000 BC: the Toca da Tira Peia site, Piauí, Brazil. **Journal of Archaeological Science**, v. 40, n. 6, p. 2840-2847, 2013.
- LEDRU, M. P. Late Quaternary environmental and climatic changes in central Brazil. **Quaternary research** v. 39, n. 1, p. 90-98, 1993.
- LEDRU, M. P., MOURGUIART, P., CECCANTINI, G., TURCQ, B., SIFEDDINE, A. Tropical climates in the game of two hemispheres revealed by abrupt climatic change. **Geology**, v. 30, n. 3, p. 275-278, 2002.
- LOMBARDO, U., IRIARTE, J., HILBERT, L., RUIZ-PÉREZ, J., CAPRILLES, J. M., VEIT, H. Early Holocene crop cultivation and landscape modification in Amazonia. **Nature**, v. 581, p. 1-4, 2020. **(3b1)**
- LOMBARDO, U.; PRUMERS, H. Pre-Columbian human occupation patterns in the eastern plains of the Llanos de Moxos, Bolivian Amazonia. **Journal of Archaeological Science**, v. 37, n. 8, p. 1875-1885, 2010.
- LOURDEAU, A. A Serra da Capivara e os primeiros povoamentos sul-americanos: uma revisão bibliográfica. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas** v. 14, n. 2, p. 367-398, 2019. **(2a)**
- LYNCH, T. F., GILLESPIE, R., GOWLETT, J. A., HEDGES, R. E. M. Chronology of guitarero cave, peru. **Science**, v. 229, n. 4716, p. 864-867, 1985. **(1c)**
- MAEZUMI, S. Y., ROBINSON, M., de SOUZA, J., URREGO, D. H., SCHAAN, D., ALVES, D., IRIARTE, J. New insights from pre-Columbian land use and fire management in Amazonian dark earth forests. **Frontiers in Ecology and Evolution**, v. 6, p. 111, 2018.
- MAGALHÃES, M. P. **Arqueologia de Carajás: a presença pré-histórica do homem na Amazônia**. Companhia Vale do Rio Doce, 1994. **(2d)**
- MANCINI, M. V., FRANCO, N. V., BROOK, G. A. Palaeoenvironment and early human occupation of southernmost South America (South Patagonia, Argentina). **Quaternary International**, v. 299, p. 13-22, 2013.
- MANSUR, M. E., DE ANGELIS, H., PARMIGIANI, V. Human occupations in the mountains of central Tierra del Fuego: an archaeological approach. **Preistoria alpina**, v. 47, p. 13-21, 2013. **(6f)**
- MCCULLOCH, R. D.; DAVIES, S. J. Late-glacial and Holocene palaeoenvironmental change in the central Strait of Magellan, southern Patagonia. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 173, n. 3-4, p. 143-173, 2001.
- MÉNDEZ, C., DE PORRAS, M. E., MALDONADO, A., REYES, O., NUEVO DELAUNAY, A., GARCÍA, J. L. Human effects in Holocene fire dynamics of central

western Patagonia (~ 44 S, Chile). **Frontiers in Ecology and Evolution**, v. 4, p. 100, 2016. (5e)

MARKGRAF, V. Younger Dryas in southern South America? **Boreas**v. 20, n. 1, p. 63-69, 1991.

MARKGRAF, V. Late and postglacial vegetational and paleoclimatic changes in subantarctic, temperate, and arid environments in Argentina. **Palynology**v. 7, n. 1, p. 43-70, 1985.

MARKGRAF, V. Paleoenvironments and paleoclimates in Tierra del Fuego and southernmost Patagonia, South America. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**v. 102, n. 1-2, p. 53-68, 1993.

MARKGRAF, V.; HUBER, U. M. Late and postglacial vegetation and fire history in Southern Patagonia and Tierra del Fuego. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**v. 297, n. 2, p. 351-366, 2010.

MARKGRAF, V., IGLESIAS, V., WHITLOCK, C. Late and postglacial vegetation and fire history from Cordón Serrucho Norte, northern Patagonia. **Palaeogeography, palaeoclimatology, palaeoecology**, v. 371, p. 109-118, 2013.

MARKGRAF, V., WHITLOCK, C., HABERLE, S. Vegetation and fire history during the last 18,000 cal yr BP in Southern Patagonia: Mallín Pollux, Coyhaique, Province Aisén (45 41' 30 "S, 71 50' 30 "W, 640 m elevation). **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**v. 254, n. 3-4, p. 492-507, 2007.

MARLON, J. R., BARTLEIN, P. J., DANIAU, A. L., HARRISON, S. P., MAEZUMI, S. Y., POWER, M. J., VANNIÉRE, B., TINNER, W. Global biomass burning: a synthesis and review of Holocene paleofire records and their controls. **Quaternary Science Reviews**, v. 65, p. 5-25, 2013.

MARLON, J. R., KELLY, R., DANIAU, A. L., VANNIERE B., POWER, M. J., BARTLEIN, P., HIGUERA, P., BLARQUEZ, O., BREWER, S., BRUCHER, T., FEURDEAN, A., GIL ROMERA, G., IGLESIAS, V., MAEZUMI, S. Y., MAGI, B., Courtney Mustaphi, C. J., Zhihai, T. Reconstructions of biomass burning from sediment charcoal records to improve data-model comparisons. **Biogeosciences Discussions**, 12, 18571-18623, 2015.

MATSCHULLAT, J. The human impact on the natural environment. **Environmental Earth Sciences**, v. 72, n. 12, p. 5235-5236, 2014.

MAYLE, F. E., BURBRIDGE, R., KILLEEN, T. J. Millennial-scale dynamics of southern Amazonian rain forests. **Science**, v. 290, n. 5500, p. 2291-2294, 2000.

MAYR, C., FEY, M., HABERZETTL, T., JANSSEN, S., LUCKE, A., MAIDANA, N. I., WILLE, M. Palaeoenvironmental changes in southern Patagonia during the last millennium recorded in lake sediments from Laguna Azul (Argentina). **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 228, n. 3-4, p. 203-227, 2005.

MCMICHAEL, C. N.; BUSH, M. B. Spatiotemporal patterns of pre-Columbian people in Amazonia. **Quaternary Research**, v. 92, n. 1, p. 53-69, 2019. <https://dx.doi.org.br/10.1017/qua.2018.152>(3b2)

MEGGERS, B. J. Archeological evidence for the impact of mega-Niño events on Amazonia during the past two millennia. **Climatic change**. 28, n. 4, p. 321-338, 1994. (2c)

MEGGERS, B. J., EVANS, C. Archeological Investigations at the Mouth of the Amazon. **Bureau of American Ethnology Bulletin**. 1957. (2f)

MENEZES, M. P. M. D., BERGER, U., MEHLIG, U. Mangrove vegetation in Amazonia: a review of studies from the coast of Pará and Maranhão States, north Brazil. **Acta Amazonica**. 38, n. 3, p. 403-420, 2008.

MERCER, J. H.; AGER, T. A. **Glacial and floral changes in southern Argentina since 14,000 years ago**. Ohio State University, Institute of Polar Studies, 1983.

MORENO, P. I., LOWELL, T. V., JACOBSON Jr, G. L., DENTON, G. H. Abrupt vegetation and climate changes during the last glacial maximum and last termination in the Chilean lake district: a case study from Canal de la Puntilla (41° S). **Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography**. 81, n. 2, p. 285-311, 1999.

MORENO, P. I. Vegetation and climate near Lago Llanquihue in the Chilean Lake District between 20,000 and 9,500 14C yr BP. **Journal of Quaternary Science: Published for the Quaternary Research Association** v. 12, n. 6, p. 485-500, 1997.

MORENO, P. I.; LEÓN, A. L. Abrupt vegetation changes during the last glacial to Holocene transition in mid-latitude South America. **Journal of Quaternary Science**, v. 18, n. 8, p. 787-800, 2003.

MOSBLECH, N. A., BUSH, M. B., GOSLING, W. D., HODELL, D., THOMAS, L., VAN CALSTEREN, P., CORREA-METRIO, A., VALENCIA, G., CURTIS, J., VAN WOESIK, R. North Atlantic forcing of Amazonian precipitation during the last ice age. **Nature Geoscience**. 5, n. 11, p. 817-820, 2012.

MOURGUIART, P.; LEDRU, M. P. Last glacial maximum in an Andean cloud forest environment (Eastern Cordillera, Bolivia). **Geology**, v. 31, n. 3, p. 195-198, 2003.

NANAVATI, W. P., WHITLOCK, C., IGLESIAS, V., DE PORRAS, M. E. Postglacial vegetation, fire, and climate history along the eastern Andes, Argentina and Chile (lat. 41–55° S). **Quaternary Science Reviews**. 207, p. 145-160, 2019.

NCAR: National Center for Atmospheric Research, 2011. **TraCE-21ka**: Simulation of the Transient Climate of the Last 21,000 Years. Disponível em <<https://www.earthsystemgrid.org/project/trace.html>>. Acesso em: 28 de junho 2019.

NEOTOMA PALEOECOLOGY DATABASE. Neotoma Explorer. Disponível em: <<https://www.neotomadb.org/data/category/explorer/>>. Acesso em: 28 de junho de 2019.

NEVES, W. A., PROUS, A., GONZÁLES-JOSÉ, R., KIPNIS, R., POWELL, J. Early Holocene human skeletal remains from Santana do Riacho, Brazil: implications for the settlement of the New World. **Journal of Human Evolution** v. 45, n. 1, p. 19-42, 2003. **(4b)**

NOVELLO, V. F., VUILLE, M., CRUZ, F. W., STRÍKIS, N. M., DE PAULA, M. S., EDWARDS, R. L., MOQUET J., TRINDADE, F., CHENG, H., KARMANN, I., HARTMANN, G. A. Centennial-scale solar forcing of the South American Monsoon System recorded in stalagmites. **Scientific reports** v. 6, n. 1, p. 1-8, 2016.

ORQUERA, L. A.; PIANA, E. L. Sea nomads of the Beagle Channel in Southernmost South America: over six thousand years of coastal adaptation and stability. **The Journal of Island and Coastal Archaeology**, v. 4, n. 1, p. 61-81, 2009. **(6e)**

OTTO-BLIESNER, B. L., TOMAS, R., BRADY, E. C., AMMANN, C., KOTHAVALA, Z., CLAUZET, G. Climate sensitivity of moderate-and low-resolution versions of CCSM3 to preindustrial forcings. **Journal of Climate**, v. 19, n. 11, p. 2567-2583, 2006.

PADUANO, G. M., BUSH, M. B., BAKER, P. A., FRITZ, S. C., SELTZER, G. O. A vegetation and fire history of Lake Titicaca since the Last Glacial Maximum. **Palaeogeography, palaeoclimatology, palaeoecology**, v. 194, n. 1-3, p. 259-279, 2003.

PESSENDA, L. C. R., GOUVEIA, S. E. M., ARAVENA, R., BOULET, R., VALENCIA, E. P. E. Holocene fire and vegetation changes in southeastern Brazil as deduced from fossil charcoal and soil carbon isotopes. **Quaternary international**, v. 114, n. 1, p. 35-43, 2004.

PIPERNO, D. R. Aboriginal agriculture and land usage in the Amazon Basin, Ecuador. **Journal of Archaeological Science**, v. 17, n. 6, p. 665-677, 1990. **(1f)**

PIPERNO, D. R. The origins of plant cultivation and domestication in the New World tropics: patterns, process, and new developments. **Current anthropology**, v. 52, n. S4, p. S453-S470, 2011. **(1g)**

POWER, M. J., MARLON, J., Ortiz, N., BARTLEIN, P. J., HARRISON, S. P., MAYLE, F. E., BALLOUCHE, A., BRADSHAW, R.H.W., CARCAILLET, C., CORDOVA, C., MOONEY, S., MORENO, P.I., PRENTICE, I.C., THONICKE, K., TINNER, W., WHITLOCK, C., ZHANG, Y., ZHAO, Y., ALI, A. A., ANDERSON, R.S., BEER, R., BEHLING, H., BRILES, C., BROWN, K.J., BRUNELLE, A., BUSH, M., CAMILL, P., CHU, G. Q., CLARK, J., COLOMBAROLI, D., CONNOR, S., DANIAU, A. L., DANIELS, M., DODSON, J., DOUGHTY, E., EDWARDS, M. E., FINSINGER, W., FOSTER, D., FRECHETTE, J., GAILLARD, M. J., GAVIN, D. G., GOBET, E., HABERLE, S., HALLET, D. J., HIGUERA, P., HOPE, G., HORN, S., INOUE, J., KALTENRIEDER, P., KENNEDY, L., KONG, Z. C., LARSEN, C., LONG, C. J., LYNCH, J., LYNCH E. A., MCGLONE, M., MEEKS, S., MENSING, S., MEYER, G., MINCKLEY, T., MOHR, J., NELSON, D. M., NEW, J., NEWNHAM, R., NOTI, R., OSWALD, W., PIERCE, J., RICHARD, P. J. H., ROWE, C., SANCHEZ GOÑI M, F., SHUMAN, B.N., TAKAHARA, H., TONEY, J., TURNEY, C., URREGO-SANCHEZ, D. H., UMBANHOWAR, C., VANDERGOES M., VANNIERE, B., VESCOVI, E., WALSH,

M., WANG, X., WILLIAMS, N., WILMSHURST, C., ZHANG, J. H. Changes in fire regimes since the Last Glacial Maximum: an assessment based on a global synthesis and analysis of charcoal data. **Climate dynamics**, v. 30, n. 7, p. 887-907, 2008.

REBOITA, M. S., GAN, M. A., ROCHA, R. P. D., AMBRIZZI, T. Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 25, n. 2, p. 185-204, 2010.

REYES, O., MÉNDEZ, C., TREJO, V., VELÁSQUEZ, H. El Chueco I: un asentamiento multicomponente en la estepa occidental de Patagonia Central (11.400 A 2.700 años Cal. AP, -44° S). **Magallania (Punta Arenas)**, v. 35, n. 1, p. 107-119, 2007. **(5d)**

ROOSEVELT, A. C., DA COSTA, M. L., MACHADO, C. L., MICHAH, M., MERCIER, N., VALLADAS, H., SLIVA, J. Paleoindian cave dwellers in the Amazon: the peopling of the Americas. **Science**, v. 272, n. 5260, p. 373-384, 1996. **(2b)**

SALGADO, H. El precerámico en el cañón del río Calima, cordillera Occidental. **Ambito y ocupaciones tempranas de la América Tropical** p. 91-98, 1995. **(1d)**

SALGADO-LABOURIAU, M. L., CASSETI, V., FERRAZ-VICENTINI, K. R., MARTIN, L., SOUBIÉS, F., SUGUIO, K., TURCQ, B. Late Quaternary vegetational and climatic changes in cerrado and palm swamp from Central Brazil. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology** v. 128, n. 1, p. 215-226, 1997.

SANDWEISS, D. H., MCLINNIS, H., BURGER, R. L., CANO, A., OJEDA DA, B., PAREDES, R., GLASCOCK, M. D. Quebrada jaguay: early South American maritime adaptations. **Science**, v. 281, n. 5384, p. 1830-1832, 1998. **(3a1)**

SANTORO, C. M., UGALDE, P. C., LATORRE, C., SALAS, C., OSORIO, D., JACKSON, D., GAYÓ, E. Ocupación humana pleistocénica en el desierto de Atacama: primeros resultados de la aplicación de un modelo predictivo de investigación interdisciplinaria. **Chungará (Arica)** v. 43, n. ESPECIAL, p. 353-366, 2011. **(3a2)**

De GOUVEIA SOUZA, C. R. **Quaternário do Brasil**. Holos Editora, 2005.

SILVA, P., BASTOS, A., DACAMARA, C. C., LIBONATI, R. Future projections of fire occurrence in Brazil using EC-Earth climate model. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 3, p. 288-297, 2016.

SMITH, R. J.; MAYLE, F. E. Impact of mid-to late Holocene precipitation changes on vegetation across lowland tropical South America: a paleo-data synthesis. **Quaternary Research**, v. 89, n.1 p. 134-155, 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/0102-778631320150142>

SZEICZ, J. M., ZEEB, B. A., BENNETT, K. D., SMOL, J. P. High-resolution paleoecological analysis of recent disturbance in a southern Chilean Nothofagus forest. **Journal of Paleolimnology**, v. 20, n. 3, p. 235-252, 1998.

STEELE, J.; POLITIS, G. AMS 14C dating of early human occupation of southern South America. **Journal of archaeological Science**, v. 36, n. 2, p. 419-429, 2009. **(6a)**

STRÍKIS, N. M., CRUZ, F. W., CHENG, H., KARMANN, I., EDWARDS, R. L., VUILLE, M., X, WANG, F., NOVELLO. AULER, A. S. Abrupt variations in South American monsoon rainfall during the Holocene based on a speleothem record from central-eastern Brazil. **Geology** v. 39, n. 11, p. 1075-1078, 2011.

SURIC, M., LONCARIC, R., BOCIC, N., LONCAR, N., BUZJAK, N. Monitoring of selected caves as a prerequisite for the speleothem-based reconstruction of the Quaternary environment in Croatia. **Quaternary international** v. 494, p. 263-274, 2018.

URREGO, D. H., BUSH, M. B., SILMAN, M. R., NICCUM, B. A., DE LA ROSA, P., MCMICHAEL, C. H., PALACE, M. Holocene fires, forest stability and human occupation in south-western Amazonia. **Journal of biogeography**, v. 40, n. 3, p. 521-533, 2013. **(3b4)**

URREGO, D. H., BUSH, M. B., SILMAN, M. R. A long history of cloud and forest migration from Lake Consuelo, Peru. **Quaternary Research** v. 73, n. 2, p. 364-373, 2010.

URREGO, D. H., NICCUM, B. A., LA DREW, C. F., SILMAN, M. R., BUSH, M. B. Fire and drought as drivers of early Holocene tree line changes in the Peruvian Andes. **Journal of Quaternary Science**, v. 26, n. 1, p. 28-36, 2011.

URREGO, D. H. **Long-term vegetation and climate change in Western Amazonia**. 2006. Dissertation. Institute of Technology Melbourne, USA Florida, 278 p.

VALENCIA, B. G., URREGO, D. H., SILMAN, M. R., BUSH, M. B. From ice age to modern: a record of landscape change in an Andean cloud forest. **Journal of Biogeography** v. 37, n. 9, p. 1637-1647, 2010.

VAN BREUKELEN, M. R., VONHOF, H. B., HELLSTROM, J. C., WESTER, W. C. G., KROON, D. Fossil dripwater in stalagmites reveals Holocene temperature and rainfall variation in Amazonia. **Earth and Planetary Science Letters** v. 275, n. 1-2, p. 54-60, 2008.

VEBLEN, T. T., KITZBERGER, T., LARA, A. Disturbance and forest dynamics along a transect from Andean rain forest to Patagonian shrubland. **Journal of Vegetation Science**, v. 3, n. 4, p. 507-520, 1992. **(5g)**

VEBLEN, T. T., KITZBERGER, T., RAFFAELE, E., LORENZ, D. C. Fire history and vegetation changes in northern Patagonia, Argentina. **In Fire and climatic change in temperate ecosystems of the western Americas** Springer, New York, NY, 2003. p. 265-295. **(5h)**

VÉLEZ, M. I., WILLE, M., HOOGHIEMSTRA, H., METCALFE, S., VANDENBERGHE, J., VAN DER BORG, K. Late Holocene environmental history of southern Chocó region, Pacific Colombia; sediment, diatom and pollen analysis of

core El Caimito. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 173, n. 3-4, p. 197-214, 2001.

VELEZ, M.I, BERRIO, J.C, HOOGHMSTRA, H, METCALFE, S., Marchant, R. Palaeoenvironmental changes during the last ca. 8590 calibrated yr (7800 radiocarbon yr) in the dry forest ecosystem of the Patia Valley, Southern Colombian Andes: a multiproxy approach **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 216, n. 3-4, p. 279-302, 2005.

VIALOU, A. V. Manifestações simbólicas em Santa Elina, Mato Grosso, Brasil: representações rupestres, objetos e adornos desde o pleistoceno ao holoceno recente. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas**, v. 14, n. 2, p. 343-366, 2019. **(3b5)**

VILLA-MARTÍNEZ, R., MORENO, P. I., VALENZUELA, M. A. Deglacial and postglacial vegetation changes on the eastern slopes of the central Patagonian Andes (47 S). **Quaternary Science Reviews**, v. 32, p. 86-99, 2012.

VILLA-MARTÍNEZ, R., VILLAGRÁN, C., Jenny, B. Pollen evidence for late-Holocene climatic variability at Laguna de Aculeo, Central Chile (lat. 34 S). **The Holocene**, v. 14, n. 3, p. 361-367, 2004.

VILLA-MARTÍNEZ, R., VILLAGRÁN, C., Jenny, B. The last 7500 cal yr BP of westerly rainfall in Central Chile inferred from a high-resolution pollen record from Laguna Aculeo (34 S). **Quaternary Research**, v. 60, n. 3, p. 284-293, 2003.

VIMEUX, F., SYLVESTRE, F., KHODRI, M. **Past climate variability in South America and surrounding regions: from the Last Glacial Maximum to the Holocene**. Springer Science & Business Media. V. 14, p. 421, 2009.

WANG, X., EDWARDS, R. L., AULER, A. S., CHENG, H., KONG, X., WANG, Y., CRUZ, F., DORALE, A., CHIANG, H. W. Hydroclimate changes across the Amazon lowlands over the past 45,000 years. **Nature** v. 541, n. 7636, p. 204-207, 2017.

WATERS, M. R., AMOROSI, T., STAFFORD, T. W. Redating Fell's cave, Chile and the chronological placement of the Fishtail projectile point. **American Antiquity**, v. 80, n. 2, p. 376-386, 2015. **(6b)**

WHITLOCK, C., BIANCHI, M. M., BARTLEIN, P. J., MARKGRAF, V., MARLON, J., WALSH, M., MCCOY, N. Postglacial vegetation, climate, and fire history along the east side of the Andes (lat 41–42.5 S), Argentina. **Quaternary Research** v. 66, n. 2, p. 187-201, 2006.

WILLE, M., HOOGHMSTRA, H., BEHLING, H., VAN DER BORG, K. Environmentall change in the Colombian subandean forest belt from 8 pollen records: the last 50 kyr, 2001.

WILLE, M., HOOGHMSTRA, H., VAN GEEL, B., BEHLING, H., DE JONG, A., VAN DER BORG, K. Submillennium-scale migrations of the rainforest–savanna boundary in Colombia: 14C wiggle-matching and pollen analysis of core Las Margaritas. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 193, n. 2, p. 201-223, 2003.

WILLIAMS, J.W., GRIMM, E.G., BLOIS, J., CHARLES, D.F., DAVIS, E., GORING, S.J., GRAHAM, R., SMITH, A.J., ANDERSON, M., ARROYO-CABRALES, J., ASHWORTH, A.C., BETANCOURT, J.L., BILLS, B.W., BOOTH, R.K., BUCKLAND, P., CURRY, B., GIESECKE, T., HAUSMANN, S., JACKSON, S.T., LATORRE, C., NICHOLS, J., PURDUM, T., Roth, R.E., STRYKER, M., TAKAHARA, H. The Neotoma Paleoecology Database: A multi-proxy, international community-curated data resource. **Quaternary Research** 89, 156-177, 2018.

YEAGER, S. G., SHIELDS, C. A., LARGE, W. G., HACK, J. J. The low-resolution CCSM3. **Journal of Climate**, v. 19, n. 11, p. 2545-2566, 2006.