



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA – DECO**

CAMILA SANTOS FONSECA

|
MODELAGEM DE NICHOS ECOLÓGICOS PARA A EXTINTA PREGUIÇA GIGANTE,
Eremotherium laurillardii (Lund, 1894)

São Cristóvão
2019



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA – DECO**

CAMILA SANTOS FONSECA

MODELAGEM DE NICHOS ECOLÓGICO PARA A EXTINTA PREGUIÇA GIGANTE,
Eremotheriu mlaurillardii (Lund, 1894)

Orientador: Dr. Prof. Alexandre Liparini Campos

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Ecologia da Universidade Federal de Sergipe como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Ecologia.

São Cristóvão
2019

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter sempre colocado pessoas maravilhosas e prestativas no meu caminho ao longo dessa jornada, me ajudando em situações difíceis e tornando tudo um pouco mais divertido.

Aos meus pais por não me permitirem desistir do curso e continuarem me apoiando sempre. À minha mãe principalmente por toda a preocupação com a alimentação e com as noites perdidas por causa de provas e do TCC.

Às amigadas geradas durante o curso que compartilharam momentos bons e ruins comigo, sintam-se abraçadas! Principalmente àquelas que permaneceram até o fim. Obrigada Jane por sempre me escutar quando precisei, ser a minha sombra, irmã, amiga, parceira nos trabalhos, por todas as risadas e palhaçadas que pudemos fazer juntas. Tenha certeza que sem você toda essa vida de UFS não teria sido fácil.

Obrigada de coração, Luís Anderson e Yana, por terem me recebido de braços abertos, por todo conhecimento aprendido no laboratório de Entomologia. E àqueles que fizeram parte da Coleção Entomológica tornando o ambiente mais divertido, principalmente à Andrea por toda paciência e atenção.

Um BIG THANKS a todos os professores que contribuíram para a minha formação. Ao meu querido orientador Alexandre Liparini, por me receber de braços abertos no laboratório de Paleontologia, por ter sido paciente e atencioso, sempre tirando as minhas dúvidas à qualquer hora. Ao Anderson também, por ter me ajudado nas análises do PIBIT e em alguns momentos com o TCC. A todos do laboratório, me auxiliaram de alguma forma, principalmente a Fran e a Will. Sempre foram prestativas e acolhedoras.

E o não menos importante, a Felipe Ricardo, por me aturar todos os dias e ter me ajudado de montão em todo o processo do TCC. Sou muito grata e você sabe disso.

RESUMO

No Quaternário há registros de grandes extinções para a megafauna de mamíferos, ligadas a flutuações climáticas, expansão humana ou interações ecológicas. Na América do Sul essas extinções iniciaram há menos de 15 mil anos e entender as alterações que ocorreram na distribuição da megafauna no passado nos ajuda a compreender atualmente os padrões de distribuição de espécies vegetais e animais. É com esse intuito, de um melhor entendimento dos potenciais locais de distribuição de espécies fósseis, que os modelos de nicho ecológico ou modelos de distribuição geográfica são aplicados, principalmente para complementar análises paleontológicas. O presente estudo tem como objetivo modelar o nicho ecológico de *Eremotherium laurillardi* (preguiça gigante) para a América do Sul, avaliando se as mudanças climáticas poderiam ter tido uma forte contribuição para a sua extinção. A escolha da espécie foi baseada na quantidade razoável de dados fósseis datados e georreferenciados disponíveis. Os dados de distribuição (coordenadas) e as idades dos fósseis foram obtidos através de buscas realizadas em literatura científica, já os dados climáticos foram extraídos da base de dados WorldClim. Após a preparação dos dados, foi realizada dentro do algoritmo Maxent a calibração multitemporal correlacionando as idades dos fósseis com as respectivas idades das capas climáticas, podendo assim ser avaliado e validado. Os mapas de adequabilidade foram projetados para as idades de 21 ka, para o contínuo entre 17 ka e 10 ka e para 6 ka. Nas comparações entre 21 ka e 6 ka (AUC = 0.842 e AUC = 0.845, respectivamente), as projeções mostraram que houve uma redução das áreas adequadas no Noroeste da América do Sul, porém no Nordeste as áreas apresentaram poucas alterações. Já para o contínuo (valores variando entre AUC = 0.834 e AUC = 0.867) houve uma expansão da área até 16 ka e logo após, as áreas de adequabilidade foram reduzindo até 12 ka, porém, em nenhum momento as áreas deixaram de ser totalmente favoráveis climaticamente. Em 11 ka há novamente uma expansão de áreas potencialmente adequadas à existência da espécie. Na idade de 11 ka ainda há registros da existência da megafauna, mostrando que parte da população teria sobrevivido ao momento climático crítico de 12 ka. Esses resultados corroboram outros estudos que indicam que o clima não teria sido o principal fator para extinção da megafauna.

Palavras-chave: maxent, megafauna, mudanças climáticas, distribuição geográfica

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Resultados dos modelos de distribuição geográfica aplicadas no algoritmo Maxent, para o *E. laurillardii* nas idades de 21 ka, no intervalo de 17 ka - 10 ka e para 6 ka. As projeções de adequabilidade para as idades estão representadas na escala contínua (entre 0 e 1)..... 19

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Dados informativos sobre os registros fósseis utilizados na modelagem..... | 13 |
| Tabela 2 - Dados informativos sobre os registros fósseis utilizados na modelagem..... | 14 |
| Tabela 3 - Dados convertidos e formatados para usar no script..... | 15 |
| Tabela 4 - Valores indicativos do desempenho AUC dos mapas de distribuição geográfica do <i>E. laurillardi</i> para as idades de 21 ka, no intervalo de 17 ka - 10 ka e para 6 ka..... | 18 |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| LISTA DE FIGURAS..... | 4 |
| LISTA DE TABELAS..... | 5 |
| 1. INTRODUÇÃO | 6 |
| 2. OBJETIVO | 9 |
| 2.1. Objetivo Geral | 9 |
| 2.2. Objetivos Específicos | 10 |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS..... | 10 |
| 3.1. Modelos de Nicho | 10 |
| 3.2. Algoritmos..... | 11 |
| 3.3. Preparação dos Dados | 11 |
| 3.4. Calibração do Modelo | 16 |
| 3.5. Avaliação..... | 17 |
| 3.6. Validação..... | 18 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 18 |
| 5. CONCLUSÃO | 23 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 24 |
| APÊNDICE A | 27 |

1. INTRODUÇÃO

Durante o período do Quaternário ocorreram 16 glaciações de intensidades variadas e a fase atual, interglacial que já dura 12 ka (kiloanum = mil anos), iniciou com o recuo do gelo glacial (Salgado-Labouriau 1994). Contudo não há registros geológicos para todas as glaciações, pois algumas se sobrepuseram a outras resultando em 5 com evidências registradas e conhecidas (Souza et al. 2005).

O Quaternário que é dividido em duas épocas, Pleistoceno com idade de 2,6 Ma (milhões de anos) até 0,0117 Ma (11,7 ka) e Holoceno de 0,0117 Ma até o presente (Cohen et al. 2013), registra grandes extinções de sua megafauna (Pires 2014), termo utilizado para definir grandes mamíferos que em sua fase adulta possuem massa corporal maior que 50kg e habitavam uma mesma região (Fariña 2009, Dantas 2012), antes mesmo do Pleistoceno acabar há cerca de 11,5 ka (Pires 2014).

No Quaternário tardio, aproximadamente 50 gêneros (pertencentes a megafauna da América do Sul) e algumas ordens, como por exemplo a ordem Proboscídea, foram extintos do continente (Lima-Ribeiro e Diniz-Filho 2013). As extinções começaram pela Austrália há pouco mais de 40 ka e na Europa Continental ocorreram há menos de 10 ka (estas mais recentes, como a dos mamutes e dos alces). Já nas Américas, estas extinções apresentam uma idade de menos de 15 ka e os anos mais recentes (menores de 10 ka, pertencentes ao Holoceno) resultam na extinção de alguns gliptodontes e preguiças gigantes do Sul da América do Sul (Lima-Ribeiro e Diniz-Filho 2013).

Na Região Intertropical Brasileira (RIB)— região zoogeográfica cujos fósseis de mamíferos associados em tanques e cavernas tinham áreas de distribuição máxima representada em ambientes como Cerrado e Caatinga— as espécies apresentavam ocorrências nos estados de Goiás, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Paraíba, Ceará e Piauí (Dantas 2012).

Estas, que viveram durante a época do Pleistoceno, estão representadas pela ordem Carnívora nos táxons *Protocyon troglodytes* - Canidae, *Smilodon populator* - Felidae e *Arctotherium wingei* - Ursidae; ordem Pilosa *Eremotherium laurillardii* (família Megatheriidae, subfamília Megatheriinae); *Myodonopsis ibseni*, *Glossotherium lettsomi*, *Ocnotherium giganteum* (família Mylodontidae, subfamília Mylodontinae); *Valgipes bucklandi*, *Catonyx cuvieri* (família Mylodontidae, subfamília Scelidotheriinae); *Nothrotherium maquinense* (família Nothrotheriidae, subfamília Nothrotheriinae); *Ahytherium aureum*, *Australonyx aquae* (família Megalonychidae) (Dantas 2012).

Dentro da ordem Cingulata: *Pampatherium humboldti*, *Homelsina paulacoutoi*, *Panocthus greslebini*, *Panocthus jaguaribensis*, *Hoplophorus euphractus*, *Glyptotherium sp.*, *Pachyarmatherium brasilense*, *Pachyarmatherium leiseyi*. Na ordem Proboscidea *Notiomastodon platensis*, na ordem Notoungulata, *Toxodon platensis* e *Trigonodops lopesi*; na ordem Perissodactyla *Equus (Amerhippus) neogeus* e *Hippidionprincipale*; na ordem Artiodactyla *Palaeolama majore Palaeolama sp.*. Já na ordem Litopterna o *Xenorhinotherium bahiense* (Dantas 2012).

O *Eremotherium laurillardi* (Lund.1894), conhecido como a preguiça gigante, é uma espécie que possuía uma ampla distribuição geográfica estando presente em regiões da América do Sul Intertropical, percorrendo regiões da América Central até regiões da América do Norte. Apresenta características marcantes como pelos longos de cor marrom, ossículos dérmicos ao longo do corpo que desempenham funções de proteção (contra rigidez dérmica), formação de tecidos sanguíneos e realizar a termorregulação (Cartelle 2000).

Como um dos representantes da megafauna, o *Eremotherium* podia chegar em torno de 2 a 3 metros de altura (em posição quadrúpede) e até 6 metros de comprimento (em posição bípede, com a inclusão da sua cauda). Sua massa corporal era de aproximadamente 5 toneladas e quando alcançava a sua fase adulta, seus pés e suas mãos (incluindo as suas garras recurvadas) poderiam ter 1,5 metros de comprimento. Suas mãos tinham 3 (três) dedos (estes com dois apresentando garras córneas e um atrofiado) e seus pés com uma garra córnea (Cartelle 2000).

A arcada dentária desses espécimes era composta por dentes grandes (coroa mais comprida do que a raiz), fortes e permanentes com cristas transversais que ajudavam, durante o forrageio, na sua digestão fragmentando o alimento em pequenos pedaços. Também apresenta raízes abertas e desprovidas de esmalte, apenas com a dentina. Com o auxílio dos seus membros compridos, o *Eremotherium* realizava a remoção de galhos em árvores mais altas consumindo folhas e brotos assim classificados como podadores e pastadores (Cartelle 2000). Dessa forma, o tamanho e o hábito alimentar da espécie estão diretamente relacionados ao nicho ecológico no qual ocupa (Elton 1927).

O nicho ecológico é diferente de habitat. Habitat é o local propriamente dito onde as espécies vivem e o nicho representa ideias que determinam como um organismo sobrevive com suas tolerâncias e necessidades (Begon et al. 2007). As condições ambientais influenciam na distribuição e na abundância das espécies, assim, quanto maior a diversidade de espécies, mais diverso será o nicho (Ricklefs 2013).

Alguns autores tiveram contribuições importantes na definição do conceito de nicho. Grinnell (1917), através de estudos realizados com aves, conseguiu observar que as espécies ocupavam áreas definidas com habitats diferentes, algumas eram amplamente distribuídas e outras ocorriam com distribuições mais restritas. Apesar dessa restrição, as espécies poderiam ocorrer em um mesmo habitat. O que viria a influenciar na distribuição das espécies eram fatores relacionados à vegetação (tipo e quantidade de recurso), ao clima (chuva, umidade do ar, temperatura, nebulosidade, pressão barométrica, altitude, densidade atmosférica), proteção e segurança (refúgios temporários para reprodução, disponibilidade de abrigos contra inimigos), além de pressões interespecíficas, competições, parasitismos etc.

As espécies iam se tornando limitadas estruturalmente e instintivamente de forma que duas ou mais espécies não conseguiriam ocupar por muito tempo o mesmo nicho, ganhando a definição de nicho espacial ou como é mais conhecido nicho Grinnelliano (Odum 1983). Elton aborda o nicho de uma espécie ligado ao nível de organização funcional dentro da comunidade de um ecossistema, separando em subdivisões menores as classificações dadas para os hábitos alimentares, como por exemplo: carnívoros, herbívoros e insetívoros (Elton 1927, Odum 1983).

Há o conceito mais aceito atualmente de nicho, definido como um hipervolume n-dimensional. Se variáveis ambientais poderiam ser medidas através das coordenadas dos seus pontos, elas estariam permitindo e limitando a reprodução e sobrevivência das espécies em uma determinada área. Assim, se cada ponto está relacionado a um possível estado ambiental as espécies poderiam existir indefinidamente (Hutchinson 1957) desde que houvesse a ausência de competição entre outras espécies (Begon et al. 2007). Esse hipervolume foi denominado de nicho fundamental, no qual engloba variáveis físicas e biológicas. Quando os nichos das espécies em dois ou mais hipervolumes são mais restritos a uma área e relacionados diretamente as variáveis nas quais geram competição entre as espécies, chamados assim de nicho realizado ou percebido (Hutchinson 1957).

O estado ambiental citado por Hutchinson é relativo a duas variáveis: cenopoéticas e bionômicas ou não cenopoéticas. As variáveis cenopoéticas, definidas como atributos ambientais, descrevem o cenário e não são afetadas pela dinâmica das espécies (ex.: clima, topografia, radiação solar e as características do habitat). Já as variáveis bionômicas ou não cenopoéticas, modificam-se durante o processo de construção e desconstrução do nicho, influenciadas pela dinâmica das espécies (ex.: consumo de recursos). Entretanto, nos seus estudos, Hutchinson desconsiderou a escala e o espaço geográfico (Peterson 2011).

O nicho, além de estar ligado as necessidades ecológicas das espécies, como mencionado anteriormente (ex.: alimentação) está também relacionado de forma íntima com o espaço geográfico. Há três fatores que afetam na distribuição das espécies como as condições abióticas, as interações bióticas e a capacidade que as espécies possuem de dispersão (Lima-Ribeiro 2013).

A composição de uma comunidade é influenciada por uma única espécie. (Begon et al. 2007). Os indivíduos da megafauna extinta, que em sua grande parte eram herbívoros, causavam grandes efeitos nas comunidades de plantas. Entre os efeitos estão criação de lacunas reduzindo a diversidade da vegetação favorecendo o processo de sucessão ecológica, facilitando a coexistência entre as espécies, promoção da heterogeneidade; atuação como dispersores de sementes auxiliando na quebra da dormência de algumas espécies, aumentando a taxa de germinação; aceleração na ciclagem de nutrientes através das fezes e urina. Além de influenciar, no processo evolutivo das espécies, desenvolvendo de defesas contra a herbivoria (Johnson 2009).

É importante compreender que quando a perda de indivíduos da megafauna ocorre sem substituição funcional e de forma rápida (Sandom 2014), a estrutura trófica de um ecossistema é diretamente afetada provocando conseqüências para espécies que mantêm um controle bottom-up (afetando o fluxo de energia que é passado dos produtores para os consumidores) e top-down (afetando os consumidores também afetaria os produtores) (Malhi et al. 2016).

A perda de indivíduos levando a uma grande extinção em massa no final do Pleistoceno sendo relacionada por pesquisadores à chegada do homem e a sua migração através dos continentes e também aos efeitos das mudanças climáticas (Sandom 2014). Neste trabalho os modelos de nicho ou modelos de distribuição geográfica irão ajudar a entender a dinâmica da distribuição do *Eremotherium laurillardii* relacionada com as mudanças climáticas.

2. OBJETIVO

2.1. Objetivo Geral

Modelar o nicho ecológico para o *Eremotherium laurillardii* (Lund. 1842) observando se o clima foi o principal fator relacionado à distribuição da espécie que acarretou na extinção da mesma.

2.2. Objetivos Específicos

Realizar a modelagem de nicho do *E. laurillardi* para idades dentro de um contínuo (21 ka, 17 ka - 10 ka e 6 ka), comparando as mudanças climáticas ocorridas entre elas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Modelos de nicho

Os modelos de nicho ecológico, modelos de envelopes climáticos ou modelos de distribuição de espécies são utilizados com o intuito de analisar a dinâmica que ocorre durante a distribuição das espécies quando relacionadas às mudanças climáticas, padrões de especiação, migração e riqueza de espécies. Além da possibilidade de testar hipóteses filogeográficas, os modelos são utilizados em estudos de conservação de nicho, estabelecendo áreas importantes para serem consideradas como hotspots de biodiversidade. Desse modo, tornam-se úteis na complementação de informações durante análises paleontológicas (Lima-Ribeiro e Diniz-Filho 2012, 2013).

A modelagem é baseada em três informações importantes: 1) Distribuição geográfica das espécies, através dos seus pontos de ocorrência; 2) Variáveis preditoras ambientais e 3) Métodos correlativos ou analíticos, cuja função é estimar o nicho fundamental relacionando presenças com variáveis ambientais, indicando regiões que são semelhantes climaticamente àquelas em que a espécie foi encontrada (Lima-Ribeiro e Diniz-Filho 2012, 2013, Peterson *et al.* 2011, Lima-Ribeiro 2013). É essencialmente importante que antes da realização do modelo, seja assumido que o nicho ecológico permanece estável ao longo do tempo assim existindo o controle tafonômico para os registros fósseis ocorrendo um equilíbrio entre espécie-área com o clima atuando como o principal agente que limita a distribuição da espécie (Lima-Ribeiro e Diniz-Filho 2012, 2013, Lima-Ribeiro 2013).

3.2. Algoritmos

Os Algoritmos utilizados nas modelagens dependem de dados com somente a presença das espécies (ex.: BioClim – Envelopes Bioclimáticos; Distância de Gower e Distância Euclidiana – Distâncias ambientais; Distância de Mahalanobis e ENFA “Ecological Niche Factor Analysis” – Análise Multivariada), Presença e Ausência (ex.: GLMs “Generalized Linear Models”, GAMs “Generalized Additive Models”, CART “Classification and regression trees”, MARS “Multivariate Adaptive Regression Splines” – Modelos Regressivos) e Presença e Pseudo-Ausência (ex.: GARP “Genetic Algorithm for Rule-set Prediction” e Maxent “Maximum Entropy”) (Lima-Ribeiro e Diniz-Filho 2012, 2013, Peterson et al. 2011, Lima-Ribeiro 2013). Cada algoritmo difere entre si no que se refere aos dados biológicos, na abordagem metodológica, na forma de saída dos resultados, na geração de respostas simples vs. respostas complexas em relação às variáveis ambientais e na incorporação de variáveis ambientais categóricas (Peterson et al. 2011).

Uma maior atenção será dada para o Maxent, pois esse foi o algoritmo utilizado na construção dos mapas preditivos. Fundamentado nos princípios de Máxima entropia (quando é alcançado o máximo de incerteza de que a espécie está presente no espaço geográfico), o Maxent realiza ajustes com a finalidade de tornar a distribuição mais uniforme. Assim, os valores das variáveis ambientais estarão relacionados de acordo os valores encontrados nos registros observados de ocorrências e nos valores encontrados no ambiente por toda a área de estudo (as pseudo-ausências) (Lima-Ribeiro e Diniz-Filho 2012, 2013, Lima-Ribeiro 2013).

3.3. Preparação dos dados

A escolha da escala espacial e temporal é essencial antes mesmo de se iniciar a coleta dos dados, portanto, os registros fósseis devem apresentar idades de mesmo intervalo ou período geológico em que serão realizadas as predições paleoclimáticas (Lima-Ribeiro e Diniz-Filho 2013). Com as escalas estabelecidas, os pontos de ocorrências das espécies e as variáveis climáticas podem ser coletados.

Dessa maneira, os registros fósseis foram coletados para toda a América do Sul durante o período do Quaternário e modelados para a idade de 21 ka, para o intervalo entre 17 ka e 10 ka, e para 6 ka. Essas idades foram escolhidas de modo que a comparação ocorresse entre os intervalos extremos de glaciação (21 ka – Máximo Glacial e 6 ka – Ótimo interglacial) e uma faixa contínua entre esses extremos os quais correspondem as idades dos registros fósseis utilizados na análise do *Eremotherium laurillardii* incluindo a idade de mil anos após o último registro datado para a espécie (i.e., 11 ka).

A coleta dos pontos de ocorrência pode ser realizada diretamente através de idas a sítios paleontológicos ou por buscas on-line em banco de dados, coleções paleontológicas e na própria literatura científica. É importante que os registros fósseis estejam datados e georreferenciados (com as coordenadas), pois é dessa forma que as variáveis ambientais serão correlacionadas os pontos de ocorrência e as suas respectivas idades (Lima-Ribeiro e Diniz-Filho 2013, Lima-Ribeiro 2013). Os pontos coletados para o *E. laurillardii* foi através de buscas on-line realizadas em fontes como (scholar.google.com, scielo.br e sciencedirect.com) denominados como literatura científica e outras fontes (Bibliotecas Digitais de teses e Dissertações, Anais e Resumos de congressos) nomeadas como literatura cinza.

As pesquisas nessas fontes foram realizadas usando as palavras chaves “*eremotheriumlaurillardii* and date” no Science direct apresentando 198 resultados, “*eremotheriumlaurillardii* e datação” no Scholar Google com 88 resultados e “*eremotheriumlaurillardii*” nos sites Science direct e SciELO, mostrando 61 e 5 resultados, respectivamente. Nenhuma ferramenta de filtro foi utilizada durante as pesquisas. Entretanto, os dados que foram considerados possuíam apenas datações diretas ou realizadas no material sedimentar encontrado no fóssil (Tabela 1). Já nas análises foram utilizadas as coordenadas geográficas e as idades calibradas para cada registro fóssil (Tabela 2).

Tabela 1 - Dados informativos sobre os registros fósseis utilizados na modelagem

| Espécies | Longitude | Latitude | Localidade | Tipo | Datação | Referências (ano) |
|---------------------------|----------------|----------------|---|--|---|------------------------|
| Eremotheriumlaurillardi 1 | -40,799672 | -10,928398 | Toca das Onças/BA | Espeleotema "forma de relevo" - entre o fóssil | direta - ONC-02: 23,500 ± 200 (não corrigida) e 16,100 ± 3900 (corrigida) | Auler et al. (2006) |
| Eremotheriumlaurillardi 2 | 48°43"W | 4°35'S | Caverna abismo do fóssil, Iporanga / SP | Dentine - 14C dating in collagen | idade convencional 12,550 ± 60 e cal 15,130–14,240 | Hube et al. (2013) |
| Eremotheriumlaurillardi 3 | 56° 00' 50"W | 04° 15' 1.7"S | Itaituba (unidade II - camada sedimentar), Pará | bonecollagen | direta - 11,340 (± 50) 14C yr B.P e Cal 13,760– 13,700; 13,470– 13,140 | Rossetti et al. (2004) |
| Eremotheriumlaurillardi 4 | 37°40'63,4'' W | 09°46'58,3'' S | Fazenda do Charco, Poço Redondo/SE | Dentine | Direta - 18,580–18,850 cal yr BP (15,490±4014C yr BP, UGAMS 4935) | Dantas et al. (2013) |
| Eremotheriumlaurillardi 5 | 37°45'13''W | 09°55'37''S | Fazenda São José, Poço Redondo/SE | detine -14C dating in bioapatite | direta - 10,990 ± 30, Cal 12,685 - 13,070 | França et al. (2014) |
| Eremotheriumlaurillardi 6 | 37°45'13''W | 09°55'37''S | Fazenda São José, Poço Redondo/SE | detine -14C dating in bioapatite | direta - 11,010 ± 30, Cal 12,704 - 13,080 | França et al. (2014) |
| Eremotheriumlaurillardi 7 | 37°45'13''W | 09°55'37''S | Fazenda São José, Poço Redondo/SE | detine -14C dating in bioapatite | direta - 9720 ± 30 , Cal 11,084 - 11,233 | França et al. (2014) |
| Eremotheriumlaurillardi 8 | 37°45'13''W | 09°55'37''S | Fazenda São José, Poço Redondo/SE | detine -14C dating in bioapatite | direta - 9730 ± 30, Cal 11,089 - 11,237 | França et al. (2014) |
| Eremotheriumlaurillardi 9 | 37°45'13''W | 09°55'37''S | Fazenda São José, Poço Redondo/SE | detine -14C dating in bioapatite | direta - 11,580 , Cal 13,292 - 13,581 | França et al. (2014) |

Continua...

Tabela 2 - Dados informativos sobre os registros fósseis utilizados na modelagem

| Espécies | Longitude | Latitude | Localidade | Tipo | Datação | Referências (ano) |
|----------------------------|-----------------|-----------------|--|---|--|-------------------------|
| Eremotheriumlaurillardi 10 | 80° 53' W | 2° 13' S | Tanque Loma, Santa Elena Peninsula, SW Ecuador | phalanx | 23,560 ± 180 RCYBP | Lindsey e Lopez (2015) |
| Eremotheriumlaurillardi 11 | 97°40'15"W | 18°11'44"N | Chazumba I, Barraca delmuerto, Oaxaca / Mex | charcoalsedimentsbone | 23,420 ± 90 BP (27,720–27,500 cal BP, 2σ CI, Beta-399509) | Vallverdú et al. (2017) |
| Eremotheriumlaurillardi 12 | 37°45'13"W | 09°55'37"S | Fazenda São José, Poço Redondo/SE | detine -14C dating in bioapatite | Direta - 12,742 -12,562 cal BP (10,740 ± 30 14C BP,UGAMS 14017) | Dantas et al. (2014) |
| Eremotheriumlaurillardi 13 | 37°45'13"W | 09°55'37"S | Fazenda São José, Poço Redondo/SE | detine - hidroxyapatite | Direta - (11,597 - 13,474 calyr BP; 10,140 ± 40 years BP and 11,540 ± 40 years BP) | Dantas et al. (2017) |
| Eremotheriumlaurillardi 14 | 35° 55' 14.31"W | 05° 57' 03.84"S | Barcelona / RN | detine - hidroxyapatite | Direta (11,324 - 11,807 calyrBP; 10,050 ± 35 years BP) | Dantas et al. (2017) |
| Eremotheriumlaurillardi 15 | 37°55' 33"W | 10° 00' 39"S | Fazenda Elefante, Gararu / SE | detine - hidroxyapatite | Direta (13,272 - 13,474 calyrBP; 11,540 ± 40 years BP) | Dantas et al. (2017) |
| Eremotheriumlaurillardi 16 | -80,695076 | 7,979778 | La trinidadaita, Pesé / Panamá PeninsulaAzuero | hardenedclayandtephra, que continha fragmentos de carvão (charcoal) | Indireta - 21,490 ± 120 14C yrB.P | Pearson (2005) |

Conclusão

Fonte: Elaborado pela autora (2019)

Tabela 3 - Dados convertidos e formatados para usar no script

| Espécie | Longitude | Latitude | Datação | Idade Máxima | Idade Mínima |
|-------------------------|-------------------|-------------------|---------|--------------|--------------|
| Eremotheriumlaurillardi | -40,799672 | -10,928398 | 16,1 | 20,000 | 12,200 |
| Eremotheriumlaurillardi | -48,7166666666667 | -4,58333333333333 | 14,685 | 15,130 | 14,240 |
| Eremotheriumlaurillardi | -56,0138888888889 | -4,25047222222222 | 13,5175 | 13,730 | 13,305 |
| Eremotheriumlaurillardi | -37,6842777777778 | -9,78286111111111 | 18,715 | 18,580 | 18,850 |
| Eremotheriumlaurillardi | -37,7536111111111 | -9,92694444444445 | 12,8775 | 12,685 | 13,070 |
| Eremotheriumlaurillardi | -37,7536111111111 | -9,92694444444445 | 12,892 | 12,704 | 13,080 |
| Eremotheriumlaurillardi | -37,7536111111111 | -9,92694444444445 | 11,1585 | 11,084 | 11,233 |
| Eremotheriumlaurillardi | -37,7536111111111 | -9,92694444444445 | 11,163 | 11,089 | 11,237 |
| Eremotheriumlaurillardi | -37,7536111111111 | -9,92694444444445 | 13,4365 | 13,292 | 13,581 |
| Eremotheriumlaurillardi | -80,8833333333333 | -2,21666666666667 | 23,56 | 23,560 | 23,560 |
| Eremotheriumlaurillardi | -97,6708333333333 | 18,1955555555556 | 27,61 | 27,720 | 27,500 |
| Eremotheriumlaurillardi | -37,7536111111111 | -9,92694444444445 | 12,652 | 12,742 | 12,562 |
| Eremotheriumlaurillardi | -37,7536111111111 | -9,92694444444445 | 12,5355 | 11,597 | 13,474 |
| Eremotheriumlaurillardi | -35,9206416666667 | -5,95106666666667 | 11,5655 | 11,324 | 11,807 |
| Eremotheriumlaurillardi | -37,9258333333333 | -10,0108333333333 | 13,373 | 13,272 | 13,474 |
| Eremotheriumlaurillardi | -80,6950760000000 | 7,97977800000000 | 21,49 | 21,610 | 21,370 |

Fonte: Elaborado pela autora (2019)

Entre as variáveis utilizadas nas projeções dos modelos de distribuição geográfica (ex.: topográficas, paisagens, etc.) as climáticas são as mais aplicadas por serem obtidas facilmente (ex.: estações meteorológicas) e assim manipuladas. Além disso, é através da interpolação de algumas variáveis (ex: precipitação e temperatura) que são calculadas as 19 variáveis bioclimáticas. Essas estando disponíveis em base de dados específicas como o WorldClim e ecoClimate (Lima-Ribeiro e Diniz-Filho 2013, Lima-Ribeiro 2013).

As variáveis climáticas utilizadas para modelar o nicho do *Eremotherium laurillardii* foram extraídas da base de dados WorldClim. Entretanto, para evitar a correlação entre elas, oito foram empregadas nas análises de acordo com os dados de Carnaval et. al. (2014) (Bio01 – Temperatura média anual, Bio04 – Temperatura sazonal, Bio10 – Temperatura média do trimestre mais quente, Bio11 – Temperatura média do trimestre mais frio, Bio12 – Precipitação anual, Bio15 – Precipitação sazonal, Bio16 – Precipitação média do trimestre mais molhado e Bio017 – Precipitação média do trimestre mais seco). Estas disponíveis de mil em mil anos até 21 mil anos (último máximo glacial) e de 4 mil em 4 mil até 120 mil anos (último interglacial).

3.4. Calibração do modelo

A calibração também considerada como etapa de treinamento, ocorre internamente dentro do algoritmo. São processos que ajustam os parâmetros para que as previsões e observações dos modelos apresentem diferenças que possam atender os critérios estabelecidos pelo algoritmo utilizado, ou seja, os valores das variáveis ambientais vão sendo associados aos lugares onde as presenças das espécies foram registradas. Além da incorporação de informações de ausências de espécies consideradas como pseudo-ausências ou backgrounds, em alguns casos (Peterson et al. 2011).

Dessa maneira, o algoritmo no processo de construção dos modelos atribui pesos para cada variável, excluindo em cada rodada um determinado conjunto de variáveis. Ao final é comparado a importância e o desempenho que cada variável atribuiu ao modelo. Pode acontecer durante o processo de calibração um sobre ajuste nos dados (overfit) quando é atribuído para muitas variáveis ambientais pesos maiores. Apesar desse problema durante essa etapa o Maxent evita esse sobre ajuste considerando essas variáveis, porém as mesmas podem ser excluídas do modelo final (Peterson et al. 2011).

A calibração com os dados do *E. laurillardii* foi realizada de forma multitemporal. Cada capa climática contém variáveis ambientais correspondentes a uma idade no tempo e são relacionadas diretamente aos registros fósseis presentes para aquela idade. Com essa finalidade foi preciso que os dados fossem organizados antes de serem utilizados no Maxent (Apêndice A).

3.5. Avaliação

O principal objetivo em se avaliar um modelo é detectar um super ajuste que torna as predições não confiáveis ou até mesmo ruins (Peterson et al. 2011). Por isso, para obter boas predições na distribuição das espécies, um limiar de decisão ou limiar de ocorrência deve ser determinado. Uma boa escolha reduz erros de Omissão (predição de ausência de espécies quando a mesma está presente – escolha de um limiar conservador) e Comissão (predição de presenças quando a mesma está ausente – escolha de um muito restritivo) dos dados (Peterson et al. 2011, Lima-Ribeiro e Diniz-Filho 2013, Lima-Ribeiro 2013).

A avaliação inclui etapas para quantificar o desempenho do modelo (medidas de erro de omissão e comissão) e etapas para testes de significância do modelo, nos quais utilizam limites de confiança para determinar se as previsões realizadas irão diferir de um resultado nulo (Peterson et al. 2011).

No Maxent o limiar de decisão varia de 0 a 100, ou seja, valores de previsões iguais aos valores encontrados nas taxas de omissão quando as amostras não dependem dos registros de ocorrência. A saída dos dados também varia de 0 a 1, demonstrando a probabilidade dos mapas preditivos estarem corretos (Peterson et al. 2011). A utilização da Análise da curva ROC “ReceiverOperatingCharacteristic” evita alguns problemas na escolha dos limiares. A curva apresenta gráficos com medidas de sensibilidade (eixo x – taxa de erro de omissão) e especificidade (eixo y – taxa de erro de comissão). A área situada abaixo da curva (AUC, AreaUnderthe Curve), é uma representação geral do desempenho do modelo. Portanto, o AUC é usado como estatística para o teste apresentando valores $AUC < 0,5$ (predições ruins, inviáveis), $AUC > 0,5$ entre 0,5 e 0,7 (predições pobres), $AUC > 0,7$ entre 0,7 e 0,9 (previsões razoáveis) e $AUC > 0,9$ (previsões ótimas) (Peterson et al. 2011, Lima-Ribeiro e Diniz-Filho 2013, Lima-Ribeiro 2013).

3.6. Validação

O processo de validação das predições representa a capacidade do modelo em prever os dados que são independentes espacialmente (Peterson et al. 2011). Os dados utilizados nos testes apenas avaliam o desempenho quando o modelo foi calibrado, por isso é sempre importante usar dados separados para no processo de calibração e avaliação do modelo. Porém, quando se trata de registros fósseis a quantidade de dados que são datados e georreferenciados são pequenas e inviáveis de serem separadas durante essas etapas (Lima-Ribeiro e Diniz-Filho 2013).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

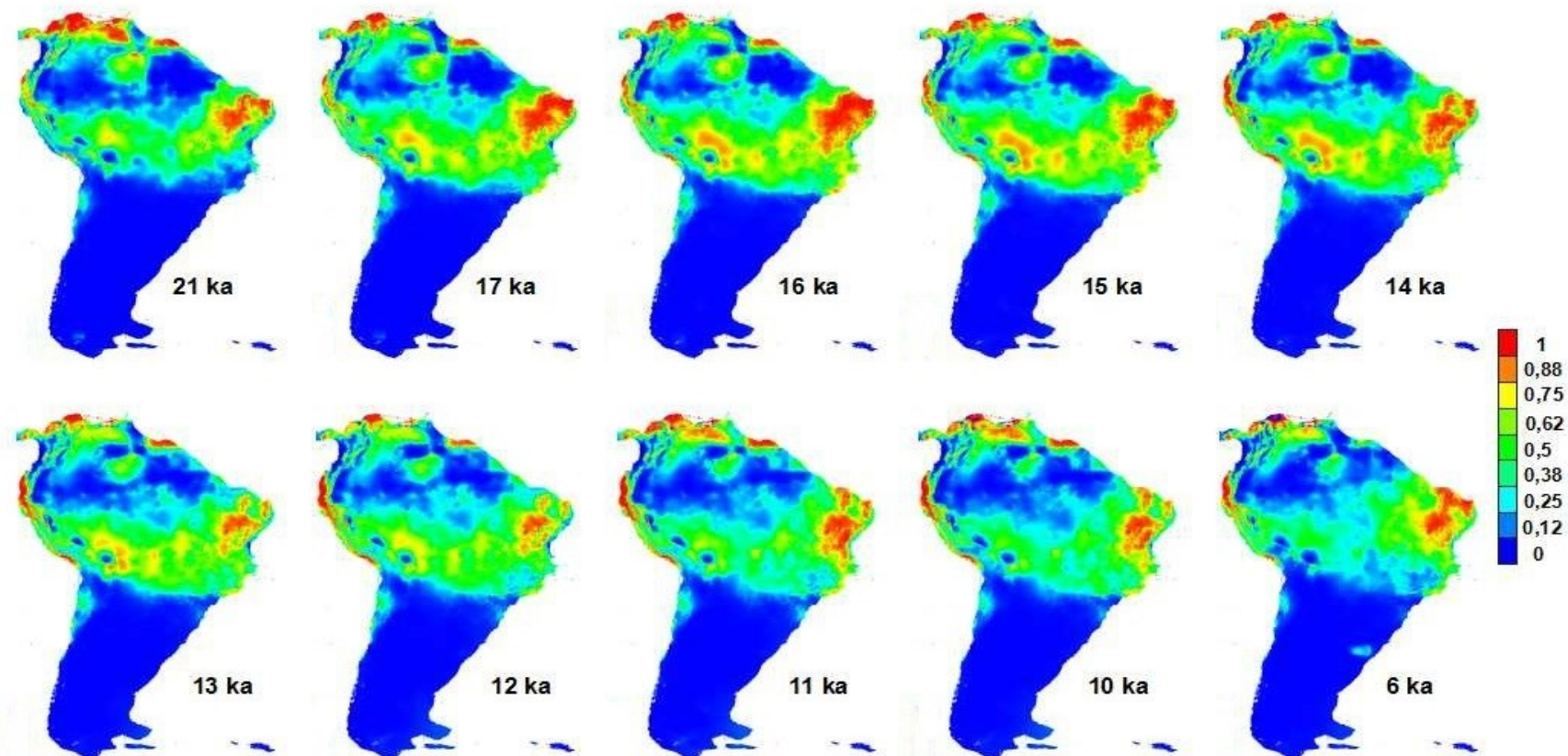
As projeções dos mapas de adequabilidade para as idades extremas 21 ka (Máximo Glacial onde o *Eremotherium* existia) e 6 ka (Ótimo Interglacial, idade mais recente anos após a extinção do *Eremotherium*) apresentam uma redução maior da área considerada adequada para a espécie existir na região Noroeste do mapa e uma menor redução da área na região Nordeste demonstrando poucas diferenças, representadas pelas tonalidades de vermelho ao verde (Figura 1) e ambos apresentaram valores de $AUC = 0.842$ e $AUC = 0.845$, respectivamente (Tabela 3).

Tabela 4 - Valores indicativos do desempenho AUC dos mapas de distribuição geográfica do *E. laurillardi* para as idades de 21 ka, no intervalo de 17 ka - 10 ka e para 6 ka

| Idades em mil anos (ka) | AUC (Area under the curve) |
|-------------------------|----------------------------|
| 6 ka | 0.845 |
| 10 ka | 0.834 |
| 11ka | 0.851 |
| 12 ka | 0.867 |
| 13 ka | 0.836 |
| 14 ka | 0.850 |
| 15 ka | 0.864 |
| 16 ka | 0.862 |
| 17 ka | 0.855 |
| 21 ka | 0.842 |

Fonte: Elaborado pela autora (2019).

Figura 1 - Resultados dos modelos de distribuição geográfica aplicadas no algoritmo Maxent, para o *E. laurillardii* nas idades de 21 ka, no intervalo de 17 ka - 10 ka e para 6 ka. As projeções de adequabilidade para as idades estão representadas na escala contínua (entre 0 e 1)



Fonte: Elaborado pela autora (2019)

Mesmo que reduções nas áreas adequadas tenham ocorrido, a realização de uma projeção para uma idade mais recente nos mostra que se a espécie não tivesse sido extinta há 11 mil anos, a sua população ainda teria nichos adequados disponíveis nessas regiões há 6 mil anos.

Resultados parecidos foram encontrados por Lima-Ribeiro e Diniz-Filho (2013). Apesar de modelarem a distribuição geográfica do *Eremotherium* utilizando um conjunto de diferentes algoritmos, algumas das idades escolhidas e projetadas foram as mesmas (21 ka, 11 ka e 6 ka). Os seus resultados indicaram que o principal fator no aumento do risco de extinção da espécie foi a variação climática ocorrida durante esse período, porém, é destacado que nas suas análises, áreas climaticamente favoráveis ainda existiam e que outros fatores estiveram contribuindo para a extinção da espécie.

Estes podem ser comprovados se analisarmos os nossos mapas dentro de um contínuo. Inicialmente a cada mil anos pode ser observado uma pequena expansão até a idade de 16 ka. Após, ocorre uma queda paulatina reduzindo as áreas de adequabilidade até 12 ka, entretanto, nas idades 11 ka (último intervalo em que ainda há registros datados para a espécie) e 10 ka há um aumento dessas áreas de adequabilidade. Um maior foco deve ser dado para o mapa de 12 ka, pois o mesmo representa o pior momento climático para a existência da espécie (Figura 1), no entanto as mesmas teriam sobrevivido a esse momento, fato confirmado pelos fósseis com datações mais recentes que 12 ka (Tabela 2).

Mesmo havendo um desequilíbrio climático acarretando na diminuição das áreas de adequabilidade, mil anos após a situação climática essas áreas voltaram a ser favoráveis para a sua existência. Os valores do desempenho dos mapas variaram entre $AUC = 0.834$ e $AUC = 0.867$ (Tabela 3) e entre as variáveis utilizadas a que mais contribuiu e apresentou um maior percentual de importância foi a Bio04 – Temperatura sazonal (entre os mapas valores variando entre 42.2 – 43.7 e 57.5 – 58.5, respectivamente), seguida da Bio12 – Precipitação anual (com valores variando entre 23.3 – 25 e 23.1 – 24.7, respectivamente).

É importante ressaltar que Lima-Ribeiro e Diniz-Filho (2013) quando realizaram a modelagem para o *Eremotherium* utilizaram de variáveis climáticas que apenas estavam disponíveis para as janelas de 24,11 e 6 ka. Atualmente, há capas climáticas com idades variando de mil em mil anos, como as que foram utilizadas nos resultados deste trabalho, tornando possível acompanhar as suas variações ao longo do tempo com uma melhor resolução. Dessa forma, os resultados apresentados neste trabalho suportariam que o clima não seria o único e o principal agente que levaria à extinção, corroborando também com os resultados encontrados por outros autores, como Lima-Ribeiro e Diniz-Filho (2013).

Sandom et al. (2014) ao comparar os efeitos provocados pelas diferentes populações humanas e as mudanças climáticas, os seus resultados sugerem que os modelos gerados para a evolução e expansão humana demonstraram maiores influências na extinção do que os modelos gerados para o clima. Estes autores levantam também a discussão que algumas vegetações não teriam mudado tão drasticamente quanto se imaginava durante flutuações climáticas, o que os levou a descartar a ideia de que mudanças climáticas teriam provocado mudanças significativas nas vegetações ao ponto de levar megaherbívoros à extinção (Sandom et al, 2014). Doughty (2015) ao apresentar os seus resultados traz comprova que não somente a permanência das savanas em períodos flutuações climáticas, mas também que os megaherbívoros eram o agente controlador as vegetações. Sem a sua presença, as vegetações desapareceram.

Posth et al. (2018) realizou no seu estudo análises de DNA com o intuito de avaliar o nível de ancestralidade entre populações humanas existentes em algumas regiões da América Central e da América do Sul, observando nos seus resultados que alguns genomas de populações da América do Sul derivaram da cultura Norte Americana Clóvis. Pearson (2017) ao comparar ferramentas (provavelmente de caça como facas e projeteis pontiagudos, ex.: “rabo de peixe”) encontradas no Panamá e Norte da América do Sul, constatou que essas ferramentas são semelhantes às encontradas na América do Norte utilizadas pela população da cultura Clóvis, validando os resultados encontrados por Bueno (2013) que a população existente na América do Sul, entre 13 ka e 8 ka, utilizava artefatos para caçar.

O fóssil denominado de Luzia encontrado no Brasil datado para 11,243–11,710 cal BP (Fontugne 2013), evidencia a presença de populações humanas no continente sulamericano. A idade do fóssil de Luzia e os resultados de Bueno (2013) sustentam a hipótese que não só apenas as variações climáticas ocasionaram a extinção de *Eremotherium*, mas também as interações dos megaherbívoros com as primeiras populações humanas a colonizarem o continente sulamericano poderiam ter peso significativo no declínio e extinção desta espécie.

5. CONCLUSÃO

A extinção do *Eremotherium* não foi ocasionada somente pelas mudanças climáticas, apesar das mesmas possivelmente terem influenciado para que a espécie entrasse em risco de extinção. Essas variáveis não foram as que demonstraram ter um maior peso, nos levando a conclusão de que provavelmente as atividades humanas possam ter sido as responsáveis para que a espécie se extinguisse em um momento em que existiam áreas adequadas climaticamente para a sua sobrevivência, mesmo após um momento climático crítico pouco anterior.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AULER, A. S. *et al.* U-series dating and taphonomy of Quaternary vertebrates from Brazilian caves. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, [S.l.], v. 240, n. 3-4, p. 508-522. 2006.

BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. **Ecologia**: de indivíduos a ecossistemas. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2007, 752 p.

BOLETIM DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE MASTOZOOLOGIA, Os gigantes pleistocênicos do pampas. Rio de Janeiro: Rui Cerqueira, Diego Astúa, Erika Hingst-Zaher, 2009. FARIÑA, R. A.N. 54, Abril: 1-7, 2009-. ISSN 1808-0413.

BUENO, L. DIAS, A. S., STEELE, J. A Late Pleistocene/Early Holocene archaeological record in Brazil: A geo-referenced database. **Quaternary International**, [S.l.], v. 301, p. 74-93, 8 jul. 2013.

CARNAVAL, A. C. *et al.* Prediction of phylogeographic endemism in an environmentally complex biome. **Proceeding of the Royal Society B**, [S.l.], v. 281, n. 1792, out. 2014. [8] p.

CARTELLE, C. Preguiças terrícolas, essas desconhecidas. **Ciência Hoje**, Minas Gerais, v. 27, n. 161, p. 18-25, jun. 2000.

COHEN, K.M., FINNEY, S.C., GIBBARD, P.L. & FAN, J.-X. (2013; updated). The ICS International Chronostratigraphic Chart. Episodes 36: 199-204. Disponível em: <<http://www.stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2018-07.pdf>>. Acesso em: 12 Abr.2019.

COLD SPRING HARBOR SYMPOSIA ON QUANTITATIVE BIOLOGY, 22., 1957, New York. **Annals** [...]. New York: HUTCHINSON, G. E. Concluding Remarks, 22., 415-427, 1957. Theme: Population Studies: Animal Ecology And Demography.

DANTAS, M. A. T. **Contribuição ao conhecimento da Megafauna Pleistocênica da região intertropical brasileira**. 2012. 103f. Tese (Pós Graduação em Ecologia, Conservação e Manejo de Vida Silvestre) - Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2012.

DANTAS, M. A. T. *et al.* Paleoecology and radiocarbon dating of the Pleistocene megafauna of the Brazilian Intertropical Region. **Quaternary Research**, [S.l.], v. 79, n. 1, p. 61-65, jan. 2013.

DANTAS, M. A. T. *et al.* Dated evidence of the interaction between humans and megafauna in the late Pleistocene of Sergipe state, northeastern Brazil. **Quaternary International**, [S.l.], v. 352, p. 197-199, nov. 2014.

DANTAS, M. A. T. *et al.* Isotopic paleoecology of the Pleistocene megamammals from the Brazilian Intertropical Region: Feeding ecology ($\delta^{13}C$), niche breadth and overlap. **Quaternary Science Reviews**, [S.l.], v. 170, p. 152-163, jul. 2017.

DOUGHTY, C. E., FAURBY, S., SVENNING, J. C. The impact of the megafauna extinctions on savanna woody cover in South America. **Ecography**, [S.l.], v. 39, n. 2, p. 213-222, 18 Ago. 2015.

ELTON, C. S. **Animal ecology**. Sidwig and Jackson, London, 1927, 296p.

FRANCA, L. M. *et al.* Chronology and ancient feeding ecology of two upper Pleistocene megamammals from the Brazilian Intertropical Region. **Quaternary Science Reviews**, [S.l.], v. 99, p. 78-83, set. 2014.

FONTUNGE, M. New Radiocarbon Ages of Luzia Woman, Lapa Vermelha IV Site, Lagoa Santa, Minas Gerais, Brazil. **Radiocarbon**, Arizona, v. 55, n. 2-3, p. 1187-1190, 9 mai. 2013.

GRINNELL. J. Field test of theories concerning distributional control. **The American Naturalist**, California, v. 51, n. 602, p. 115-128, fev. 1917.

HUBE, A. *et al.* Insights into Holocene megafauna survival and extinction in southeastern Brazil from new AMS 14C dates. **Quaternary Research**, [S.l.], v. 79, n. 2, p. 152-157, mar. 2013.

JOHNSON, C. N. Ecological consequences of late Quaternary extinctions of megafauna. **Proceeding of the Royal Society B**, [S.l.], v. 276, n. 1667, p. 2509-2519, 18 mar. 2009.

LINDSEY, E. L.; LOPEZ R. E.X. Tanque Loma, a new late-Pleistocene megafaunal tar seep locality from southwest Ecuador. **Journal of South American Earth Sciences**, [S.l.], v. 57, p. 61-82, jan 2015.

LIMA-RIBEIRO, M. S.; DINIZ-FILHO, J. A. F. Modelando a distribuição geográfica das espécies no passado: uma abordagem promissora em paleoecologia. **Revista Brasileira de Paleontologia**, [S.l.], v.15, n. 3, p. 371-385, Set/Dez 2012.

LIMA-RIBEIRO, M. S.; **Mudanças climáticas, colonização humana e extinção da megafauna**. 2013. 177 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Goiás, Instituto de Ciências Biológicas, Goiânia. 2013.

LIMA-RIBEIRO, M. S.; DINIZ-FILHO, J. A. F. **Modelos Ecológicos e a Extinção da Megafauna: Clima e Homem na América do Sul**. São Carlos: EditoraCubo, 2013, 155 p.

MALHI, Y. *et al.* Megafauna and ecosystem function from the Pleistocene to the antropocene. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, United Kingdom, v. 113, n. 4, p. 838-846, 26 jan. 2016.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de janeiro, Ed. Guanabara S.A.,1983, 434 p.

PEARSON, G. A. Late Pleistocene megafaunal deposits on the Isthmus of Panama and their paleoenvironmental implications. **Carribbean Journal of Science**. v. 41, n. 1, p. 1-13, abr. 2005.

PEARSON, G. A. Bridging the Gap: An Updated Overview of Clovis Across Middle America and Its Techno-Cultural Relation with Fluted Point Assemblages from South America. **PaleoAmerica**, [S.l.], v.3, n. 3, p. 203-230, 28 jun. 2017.

PETERSON. A. T. *et al.* **Ecological Niches and Geographic Distributions**. United Kingdom, Princeton University Press, Jan 2011. ISBN 978-0-691-13686-8.

PIRES, M. M. **Redes Tróficas do Pleistoceno: Estrutura e Fragilidade**. 2014. 191f. Tese (Doutorado em Ecologia) - Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

POSTH, C. *et al.* Reconstructing the Deep Population History of Central and South America. **Cell**, [S.l.], v. 175, n 5, p 1185-1197, 15 nov. 2018.

RICKLEFS, R. E. **A Economia da Natureza**. Rio de Janeiro, Ed. Guanabara Koogan, 2013, 546 p.

ROSSETTI, D. F. *et al.* Reconstructing habitats in central Amazonia using megafauna, sedimentology, radiocarbon, and isotope analyses. **QuaternaryResearch**, [S.l.], v. 61, n. 3, p. 289-300, mai. 2004.

SALGADO-LABORIAU, M. L. História ecológica da Terra. São Paulo: Blucher, 1994, 255-277 p.

SANDOM, C. *et al.* Global late Quaternary megafauna extinctions linked to humans, not climate change. **Proceeding of the Royal Society B**, [S.l.], v. 281, n. 1787, 22 jul. 2014. [9] p.

SOUZA, C. V. R. G. *et al.* **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto, Ed. Holos, 2005, 382 p.

VALLVERDU, R. V. *et al.* Recent archaeo-palaeontological findings from Barranca Del Muerto site, Santiago Chazumba, Oaxaca, México. **QuaternaryInternational**, [S.l.], v. 431, part b, p. 168-180, 28 fev. 2017.

APÊNDICE A – Script utilizado para organização dos pontos de presença e background

Script R

```

install.packages("raster")
install.packages("dismo")
library(raster)
library(dismo)

varP = "C:/Camila/Variaveis/variaveis ambientais AmSul 120kyr"
Pproject = "C:/Camila"
dados = read.csv("C:/Camila/Dados (sp, long, lat, dat, dat round).csv")
idades = dados[,5]
linha = 0
output = data.frame()
dados[,c(2,3)] = round(dados[,c(2,3)],2)
outputBG = data.frame()

#Presença
for(i in idades){
tryCatch({
  caminho = paste(varP, "/", i, sep = "")
  arquivos = list.files(caminho, ".asc", full.names = TRUE)
  variaveis = stack(arquivos)
  linha = linha + 1
  ponto = dados[linha,c(2,3)]
  dadosi = extract(variaveis, ponto)
  output = rbind(output, data.frame(dados[linha, 1], ponto, dadosi))

}, error = function(e){cat("ERROR :", conditionMessage(e), "\n")})
}

output = output[complete.cases(output), ]
names(output) = c('sp', 'lon', 'lat', names(output[,c(4:ncol(output))]))
write.csv(output, "C:/Camila/Dados R/presencas.csv", row.names = FALSE)

#Background
idadesBG = sample(dados[,5], 10000, replace = TRUE)
for (i in idadesBG) {
tryCatch({
  caminho = paste(varP, "/", i, sep = "")
  arquivos = list.files(caminho, ".asc", full.names = TRUE)
  variaveis = stack(arquivos)
  crs(variaveis) = CRS('+proj = longlat + datum = WGS84 + ellps = WGS84 + towgs84 = 0,0,0')
  pontoi = randomPoints(variaveis,1)
  pontoi = round (pontoi,2)
  dadosi = extract(variaveis,pontoi)
  outputBG = rbind (outputBG,data.frame(sp = "background", pontoi, dadosi))

}, error=function(e){cat("ERROR :", conditionMessage(e), "\n")})
}

outputBG = outputBG[complete.cases(outputBG),]
names(outputBG)= names(output)
write.csv(outputBG,"C:/Camila/Dados R/background.csv", row.names = FALSE)

```