

**IMPACTS OF CLIMATE CHANGE ON SMALL-RANGED AMPHIBIANS OF THE NORTHERN
ATLANTIC FOREST**

Bruno Vilela^{1}, Filipe Augusto Nascimento^{2,3} & Marcos Vinícius Carneiro Vital⁴*

E-mails: bvilela@wustl.edu (*corresponding author), filipe.nascimento@mhn.ufal.br, marcosvital@gmail.com

Supplementary Material 1. Table including the list of small-ranged species of the Northern Atlantic Forest with its correspondent geographic location.

Species	Latitude	Longitude	Location	City	State	Source
<i>Chiasmocleis alagoana</i>	-9.56	-35.8	Mata do Catolé	Maceió	Alagoas	MUFAL
<i>Chiasmocleis alagoana</i>	-9.52	-35.91	Mata do Cedro	Rio Largo	Alagoas	MUFAL
<i>Chiasmocleis alagoana</i>	-7.15	-34.87	Mata do Buraquinho	João Pessoa	Paraíba	Santana <i>et al.</i> (2008)
<i>Chiasmocleis alagoana</i>	-8.74	-35.17	Reserva Biológica de Saltinho	Tamandaré	Pernambuco	CHUFPB
<i>Chiasmocleis alagoana</i>	-8.01	-35.09	Engenho Tapacurá	São Lourenço da Mata	Pernambuco	CHUFRPE
<i>Chiasmocleis alagoana</i>	-9.39	-35.72	Serra da Saudinha	Maceió	Alagoas	MUFAL
<i>Chiasmocleis alagoana</i>	-9.2	-35.87	Estação Ecológica de Murici / Fazenda Bananeira	Murici	Alagoas	MUFAL
<i>Chiasmocleis alagoana</i>	-7.93	-34.93	Estação Ecológica de Caetés	Paulista	Pernambuco	MUFAL
<i>Crossodactylus dantei</i>	-9.2	-35.87	Estação Ecológica de Murici	Murici	Alagoas	MUFAL
<i>Dendropsophus stuederae</i>	-9.24	-36.42		Quebrangulo	Alagoas	MUFAL
<i>Hylomantis granulosa</i>	-8	-34.95	Horto Zoobotânico Dois irmãos	Recife	Pernambuco	EI
<i>Hylomantis granulosa</i>	-9.2	-35.87	Estação Ecológica de Murici / Fazenda Bananeira	Murici	Alagoas	MNRJ
<i>Hylomantis granulosa</i>	-9.56	-35.8	Mata do Catolé	Maceió	Alagoas	MUFAL
<i>Hylomantis granulosa</i>	-9.39	-35.72	Serra da Saudinha	Maceió	Alagoas	FACN
<i>Hylomantis granulosa</i>	-7.6	-35.36	Usina Cruangi/ Mata próxima ao Engenho Água Azul	Timbaúba	Pernambuco	ZUF RJ
<i>Hylomantis granulosa</i>	-8.72	-35.84	RPPN Frei Caneca/Mata da Serra do Quengo	Jaqueira	Pernambuco	ZUF RJ
<i>Hylomantis granulosa</i>	-8.2	-36.4	Sítio Burití	Brejo da Madre de Deus	Pernambuco	ZUF RJ
<i>Hylomantis granulosa</i>	-8.01	-34.98	Complexo Aldeia	Camaragibe	Pernambuco	Moura <i>et al.</i> (2011)
<i>Hylomantis granulosa</i>	-7.83	-35	Usina São José	Igarassu	Pernambuco	Moura <i>et al.</i> (2011)
<i>Hylomantis granulosa</i>	-8.01	-35.09	Estação Ecológica do Tapurá/ Mata do Toró	São Lourenço da Mata	Pernambuco	EI
<i>Hylomantis granulosa</i>	-8.28	-35.98		Caruaru	Pernambuco	ZUEC
<i>Hylomantis granulosa</i>	-9.61	-35.76	Parque Municipal de Maceió	Maceió	Alagoas	MUFAL
<i>Hypsiboas freicanecae</i>	-8.72	-35.84	RPPN Frei Caneca/Mata da Serra do Quengo	Jaqueira	Pernambuco	URCA
<i>Hypsiboas freicanecae</i>	-9.2	-35.87	Estação Ecológica de Murici / Fazenda Bananeira	Murici	Alagoas	MUFAL
<i>Oolygon muriciensis</i>	-9.2	-35.87	Fazenda Bananeira	Murici	Alagoas	MUFAL
<i>Oolygon skuki</i>	-9.56	-35.8	Mata do Catolé	Maceió	Alagoas	MUFAL
<i>Phyllodytes edelmoi</i>	-9.56	-35.8	Mata do Catolé	Maceió	Alagoas	MUFAL
<i>Phyllodytes edelmoi</i>	-9.52	-35.83	Mata da Salva	Rio Largo	Alagoas	MUFAL
<i>Phyllodytes edelmoi</i>	-9.2	-35.87	Estação Ecológica de Murici / Fazenda Bananeira	Murici	Alagoas	MUFAL
<i>Phyllodytes edelmoi</i>	-9.25	-35.78	Fazenda Areado	Flexeiras	Alagoas	MUFAL
<i>Phyllodytes edelmoi</i>	-9.21	-35.46	Fazenda Santa Justina	Passo de Camaragibe	Alagoas	MUFAL
<i>Phyllodytes edelmoi</i>	-9.39	-35.72	Serra da Saudinha	Maceió	Alagoas	MUFAL

<i>Phyllodytes edelmoi</i>	-9.11	-35.57	RBMA Serra d'água	Matriz de Camaragibe	Alagoas	MUFAL
<i>Phyllodytes edelmoi</i>	-9.28	-35.57	Reserva Garabu	São Luís do Quitunde	Alagoas	MUFAL
<i>Phyllodytes edelmoi</i>	-8.72	-35.84	RPPN Frei Caneca	Jaqueira	Pernambuco	URCA
<i>Phyllodytes edelmoi</i>	-9.44	-35.59		Paripueira	Alagoas	MUFAL
<i>Phyllodytes edelmoi</i>	-7.93	-34.93	Estação Ecológica de Caetés	Paulista	Pernambuco	MUFAL
<i>Phyllodytes gyrinaethes</i>	-8.7	-35.85	RPPN Pedra D'Antas	Jaqueira	Pernambuco	Roberto & Ávila (2013)
<i>Phyllodytes gyrinaethes</i>	-8.35	-36.01	Parque Municipal João Vasconcelis Sobrinho	Caruaru	Pernambuco	MNRJ
<i>Phyllodytes gyrinaethes</i>	-8	-34.95	Horto Zoobotânico Dois irmãos	Recife	Pernambuco	ZUEC
<i>Phyllodytes gyrinaethes</i>	-9.2	-35.87	Estação Ecológica de Murici / Fazenda Bananeira	Murici	Alagoas	MUFAL
<i>Phyllodytes gyrinaethes</i>	-8.72	-35.84	RPPN Frei Caneca	Jaqueira	Pernambuco	URCA
<i>Physalaemus caete</i>	-9.21	-35.46	Fazenda Santa Justina	Passo de Camaragibe	Alagoas	MUFAL
<i>Physalaemus caete</i>	-9.2	-35.87	Estação Ecológica de Murici	Murici	Alagoas	MUFAL
<i>Physalaemus caete</i>	-7.93	-34.93	Estação Ecológica de Caetés	Paulista	Pernambuco	Santos <i>et al.</i> (2016)

References

- Moura, G. J. B., Santos, E. M., Andrade, E. V. E., Freire, E. M. X. 2011. Distribuição geográfica e caracterização ecológica dos anfíbios de Pernambuco. In: G. J. B., Moura, E. M., Santos, M. A., Oliveira, & M. C. C., Cabral (Eds.), Herpetologia no estado de Pernambuco. p. 51-84. Brasília: IBAMA.
- Roberto, I. J., & Ávila, R. W. 2013. The advertisement call of *Phyllodytes gyrinaethes* Peixoto, Caramaschi & Freire, 2003 (Anura, Hylidae). Zootaxa, 3669, 193–196.
- Santos, E. M., Nascimento, V., Pereira, E. N., Amorim, F. O. 2016. *Physalaemus caete*: distribution geographic. Herpetologica Review, 47(2), 249.
- Santana, G. G., Vieira, W. L. S., Pereira-Filho, G. A., Delfim, F. R., Vieira, K. S. 2008. Herpetofauna em um fragmento de Floresta Atlântica no estado da Paraíba, Região Nordeste do Brasil. Biotemas, 21, 75–84.

Supplementary Material 2. R code used to calculate species environmental Euclidean distance.

Environmental Distance

Bruno Vilela, Filipe Augusto Nascimento e Marcos Vital

About

This document describes the code to calculate Euclidean distance using environmental data, as described in the manuscript: “Impacts of Climate Change on Small-Ranged Amphibian of the Northern Atlantic Forest” by B. Vilela, F.A. Nascimento and M.V.C. Vital, published in *Oecologia Australis*. Further details about the method can be found in the main manuscript.

Code

Function

The code below defines a function to calculate the Euclidean distance of occurrence records to each cell in a grid given an environmental layer (raster). Note that the function requires the packages `vegan` and `raster`.

```
## Function to calculate environmental distance
##
## @param occ a two column matrix or a data.frame with the first column being
## the longitude and the second the latitude
## @param env a raster with the environmental variables, cropped to the
## projection area
## @param method if mean, the "mean" distance to all points is calculated, if
## "min" the minimum distance to any point is calculated.
## @param decostand.method What method should be applied to standardize the
## environmental data. See the function decostand from the package vegan, argument
## method.
## @param suitability Whether the function should return a suitability (TRUE)
## or the actual distance calculated (FALSE).
##
## @Value
## The function returns a raster with the distance (for suitability = FALSE)
## or the suitability values (for suitability = TRUE).

dist_euc <- function (occ, env, method = "mean",
                      decostand.method = "standardize",
                      suitability = FALSE) {
  require(raster)
  require(vegan)
  if (class(env) != "raster" & class(env) != "RasterStack"
      & class(env) != "RasterBrick") {
    stop("env has to be a raster")
  }
  if (class(occ) != "matrix" & class(occ) != "data.frame") {
    stop("occ has to be a matrix or data.frame")
  }
  if (ncol(occ) != 2) {
```

```

    stop("occ has to be a matrix or data.frame of 2 columns (x and y)")
  }
  values <- values(env)
  values <- apply(values, 2, decostand, method = decostand.method,
                 na.rm = TRUE)
  values(env) <- values
  values_occ <- extract(env, occ)
  pos <- is.na(values[, 1])
  values2 <- values[!pos, ]
  n <- nrow(values2)
  eu <- numeric(n)
  values_occ <- na.omit(values_occ)

  for (i in 1:n) {
    for (j in 1:ncol(values_occ)) {
      temp <- eu[i] + ((values2[i, j] - values_occ[, j]) ^ 2)
      if (method == "mean") {
        eu[i] <- mean(temp, na.rm = TRUE)
      }
      if (method == "min") {
        eu[i] <- min(temp, na.rm = TRUE)
      }
    }
    eu[i] <- sqrt(eu[i])
  }
  env <- raster(env, 1)
  if (!suitability) {
    values(env)[!pos] <- eu
    return(env)
  }
  if (suitability) {
    values(env)[!pos] <- decostand(-eu, method = "range", na.rm = TRUE)
    return(env)
  }
}

```

Example

We can apply the function using the example data from the package `dismo`. So, first we load the data.

```

# Package
library(dismo)

# Occurrence points
occurrence <- paste(system.file(package="dismo"), '/ex/bradypus.csv', sep='')
occ <- read.table(occurrence, header=TRUE, sep=',')[,-1]

# Predictors
fnames <- list.files(path=paste(system.file(package="dismo"), '/ex', sep=''),
                    pattern='grd', full.names=TRUE )
predictors <- stack(fnames)

```

Now we run the function using the `method = "mean"`, and returning actual Euclidean distance (`suitability`

= FALSE). We also standardize the data using the “standardize” method from `vegan::decostand`.

```
result <- dist_euc(occ, predictors, method = "mean", suitability = FALSE,  
                  decostand.method = "standardize")
```

Plot the distance map:

```
plot(result, col = gray.colors(100))  
points(occ, col = rgb(1, 0, 0, .4), pch = 20, cex = .5)
```

