

PRÁTICA 6: fatores que originam padrões e heterogeneidade da paisagem I

Os objetivos desta prática são examinar os padrões e a heterogeneidade da paisagem e identificar os fatores responsáveis pela geração dos mesmos. Para tal, você utilizará os dados referentes a uma área do estado de Michigan (EUA), colonizada no final do século XIX. Você irá determinar o efeito de 2 fatores físicos e uma perturbação nos padrões e heterogeneidade da paisagem. Os exercícios apresentados a seguir foram extraídos de Delcourt (2002). Os dados referentes a esta prática estão disponíveis em **C:\CEN628\lab6**.

Etapa I- Efeito de dois fatores físicos na distribuição de várias espécies de árvores

Inicie o *ArcMap* e adicione () as grades (grid) *solos*, *pinho_branco*, *pinho_jack*, *fagus* e *bordo*, armazenadas na pasta **C:\CEN628\lab6**. A grade *solos*, representa as propriedades dos mesmos de acordo com a legenda apresentada na Tabela 1. As demais grades apresentam a distribuição espacial das árvores de duas espécies de pinheiro (jack e branco), *fagus* e *bordo*, sendo a legenda correspondente: 0- lago; 1- árvore ausente e 2- árvore presente.

Neste exercício você irá trabalhar com ferramentas que utilizam PIs na representação em grade e, portanto, alguns detalhes importantes devem ser lembrados. Abra a tabela de atributos do PI *solos* e observe que no formato em grade temos um valor numérico identificado como VALEU (Figura 1) associado a cada classe (neste caso de solo). Este valor é o utilizado pelo programa em operações e funções, mesmo quando há um nome na tabela de atributos da grade pois a forma como os dados são processados neste tipo de representação somente aceita o uso de números.



Rowid	VALUE	COUNT	TIPO_SOLO
0	0	226	Lago
1	1	95	Acido e arenoso
2	2	129	Podzolico Acido e arenoso
3	3	134	Alcalino, argiloso
4	4	15	Acido, silico
5	5	4	Hidromorfico, alcalino, silico

Figura 16. Exemplo da tabela de atributos de uma grade, neste caso *solos*.

Observe que:

- 1- VALUE é um código numérico associado a cada tipo de solo, o qual é utilizado pelo programa para identificar o mesmo durante o processamento dos dados. Por exemplo o código 1 representa um solo ácido e arenoso;

- 2- COUNT (contagem) corresponde ao número de células de uma ou mais categorias. Por exemplo para o solo com código 1 temos que 95 células pertencem a esta classe;
- 3- Para saber a área de cada classe é necessário conhecer o tamanho da célula e efetuar o cálculo da mesma. Por exemplo, se a célula tem o tamanho de 10 x 10 m, sua área será de 100 m² e, por conseguinte, a área ocupada pelo solo do tipo 1 será = 95 x 100 = 9500 m².

A primeira análise a ser efetuada tem como objetivo verificar se existe ou não uma associação entre as características dos solos e a distribuição espacial das espécies sob estudo. Para tal, você deverá determinar o número de células de cada tipo de solo ocupado por cada espécie de árvore.

- 4- No menu principal do *ArcMap*, acione o *ArctoolToolBox* clicando no ícone e:
 - Selecione as opções *Spatial Analyst Tools, Zonal, Tabulate Area*. (Clique  no sinal “+” ao lado esquerdo das opções para expandir o menu).
 - Clique duas vezes em *Tabulate Area*. Este comando irá criar uma tabela na qual serão registradas o número de células correspondentes de cada espécie com cada classe de solo.

5- Na janela do *Tabulate Area* escolha (Figura 2):

- a) Em *Input raster or feature zone data*, clique na setinha para expandir o campo e selecione o mapa do bordo
- b) Em *Zone field* selecione VALUE (valor numérico associado à ocorrência/ausência da espécie na tabela de atributos)
- c) Em *Input raster or feature class data* selecione o mapa de solos
- d) Em *Class field*: use VALUE (valor numérico associado a cada tipo de solo)
- e) *Output table*: clique no ícone de abrir pasta  selecione C:\CEN628\lab6, e use: bordo_solos
- f) No campo *Processing cell size (optional)*: deixe a opção default do programa

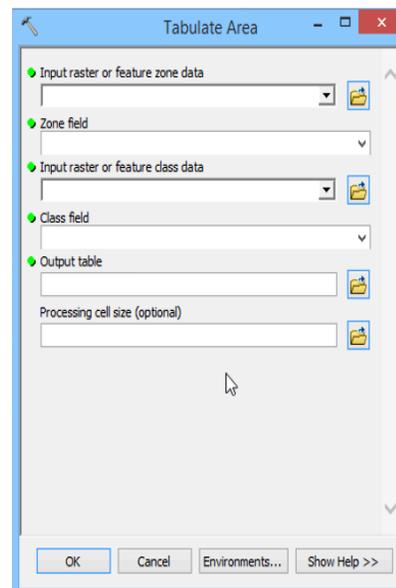


Figura 2. Menu de tabulação de áreas.

A tabela recémcriada será automaticamente adicionada ao seu projeto na Tabela de conteúdo. Para visualizá-la e abri-la você precisa estar no modo *List By Source* na Tabela de Conteúdo (Figura 3). Selecione a Tabela e clique

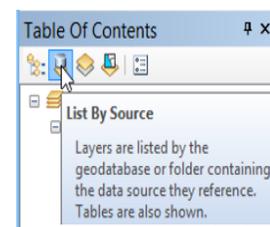


Figura 3. Tabela de conteúdo.

com o botão direito do *mouse* e selecione a opção *open*. Você deverá ter uma tabela como a apresentada na Figura 4 para o bordo.

Observe que as primeiras linha e coluna armazenam os identificadores (o que é) de cada campo e atributo, respectivamente. Assim temos:

Rowid	VALUE	VALUE_0	VALUE_1	VALUE_2	VALUE_3	VALUE_4	VALUE_5	VALUE_6
1	0	226	0	0	0	0	0	0
2	1	0	88	92	95	4	3	162
3	2	0	7	37	39	11	1	3

Figura 4. Tabela de resultados da operação *tabulate area*.

Onde:

	Coluna (registro)	Linhas (campos)
Rowid	identificador numérico interno do programa	1, 2, 3
VALUE	identificadores numéricos da espécie/uso	0 = lago, 1 = espécie presente, 2 = espécie ausente
VALUE_0, VALUE_1 etc.	identificadores numéricos do tipo de solo	Número de células na qual ambas as condições ocorrem (presença/ausência e tipo de solo a, b, c, etc)

Na Figura 4 temos:

- Quadrados vermelhos (coluna 2, linha1): Value 0 = Lago, VALUE_0 = lago
- Quadrados verdes (coluna 4, linha 2): Value = 1 (espécie ausente), VALUE_1 = solo ácido e arenoso. Resultado: existem 88 células no mapa nas quais a espécie não está presente em solos do tipo ácido e arenoso
- Quadrados azuis (coluna 4, linha 3): Value = 2 – espécie presente, VALUE_1 = solo ácido e arenoso. Resultado: existem 07 células no mapa nas quais a espécie está presente em solos do tipo ácido e arenoso

- Como cada célula da grade tem uma área de 1 milha quadrada ou 1600 m² ou 0,16 ha significa que:
 - Em 88 (células) * 1600 (m²) = 140.800 m² ou 14,08 ha a espécie está ausente no solo ácido e arenoso
 - Em 07 * 1600 = 11.200 m² ou 1,12 ha a espécie está presente no solo ácido e arenoso

Repita os mesmos procedimentos para as outras duas espécies: *Fagus* e *Pinhei ro branco* e registre na Tabela 1 os valores referentes à presença e ausência de cada espécie.

Tabela 1. Área (ha) de cada tipo de solo ocupada por 3 espécies selecionadas de árvores (espécie presente).

VALUE	Tipo de solo	Bordo (ha)	Fagus (ha)	Pinho (ha)
0	Lago			
1	Ácido e arenoso			
2	Podzólico, ácido e arenoso			
3	Alcalino, argiloso			
4	Ácido, siltico			
5	Hidromórfico, alcalino, siltico			
6	Hidromórfico, ácido, arenoso			

Estes resultados foram exportados para o formato Excel (*Arctoolbox*, *Conversion tools*, *Excel Table to Excel*) e consistidos em uma única planilha. Abra a planilha **C:\CEN628\lab6\veg_solos** no excel e Faça um gráfico para cada uma delas no qual no eixo “x” estão representados o tipo de solo e no “y” o tamanho da área de ocorrência de cada espécie.

Etapa II- Análise estatística do efeito de dois fatores físicos na distribuição uma espécie

Outra forma de avaliar o efeito das forçantes ambientais nos padrões e na heterogeneidade da paisagem é usar relações estatísticas entre variáveis independentes e dependentes. Nesta parte do exercício você irá testar o efeito do tipo de solo e da ocorrência de incêndios (variáveis independentes na ocorrência de um dado tipo de vegetação (variável dependente). Para tal, você estabelecerá a relação

entre a ocorrência da espécie *Pinus banksiana* (*pinho_jack*) e o tipo de solo 1 (*ácido e arenoso*) e a ocorrência de incêndios.

Inicie um novo projeto (clique em *New Map File*), adicione os PIs, *pinho_jack*, *solos e incendios*. No *Arctoolsbox*, selecione *Spatial Analyst* e expanda a opção *Map Algebra*. Selecione *Raster calculator* para acessar uma ferramenta (*tool*) para análise espacial (*Spatial Analyst*) que permite o uso de operações algébricas com mapas (*Map Algebra*) e operações lógicas, como as Boleanas, com dados na representação em grade (*raster*).

Para testar o efeito destes fatores na ocorrência da espécie você irá utilizar o teste de independência do χ^2 (qui-quadrado), um procedimento estatístico que testa se duas variáveis categóricas estão relacionadas em uma dada população. A hipótese nula do teste é de independência entre as duas populações. Portanto, neste caso temos:

H_0 = a distribuição da população de pinheiros **não está relacionada** com a ocorrência de incêndios

H_1 = a distribuição da população de pinheiros **está relacionada** com a ocorrência de incêndios.

O χ^2 é calculado de acordo com as equações 1 e 2 (desdobrada).

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(o_i - e_i)^2}{e_i} \quad (\text{Eq. 1})$$

$$\chi^2 = \left(\frac{(a_o - a_e)^2}{a_e} \right) + \left(\frac{(b_o - b_e)^2}{b_e} \right) + \left(\frac{(c_o - c_e)^2}{c_e} \right) + \left(\frac{(d_o - d_e)^2}{d_e} \right) \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde:

o_i = frequência observada para cada caso

e_i = frequência esperada para cada caso

$$a_e = \frac{(a_o + b_o)(a_o + c_o)}{n} \quad \text{a - ocorrência de incêndio e ocorrência da espécie}$$

$$b_e = \frac{(a_o + b_o)(b_o + d_o)}{n} \quad \text{b - ocorrência de incêndio e ausência da espécie}$$

$$c_e = \frac{(c_o + d_o)(a_o + c_o)}{n} \quad \text{c - ausência de incêndio e ocorrência da espécie}$$

$$d_e = \frac{(c_o + d_o)(b_o + d_o)}{n} \quad \text{d - ausência de incêndio e ausência da espécie}$$

$$n = a_o + b_o + c_o + d_o$$

Para obter os valores necessários para estes cálculos, usando o *Raster calculator*, você irá primeiro gerar 4 grades associadas com a presença/ausência da espécie em áreas com/sem incêndios. Nela você isolará as células com as seguintes características:

Grade 1: ocorrência de incêndio e ocorrência da espécie = a_0

Grade 2: ocorrência de incêndio e ausência da espécie = b_0

Grade 3: ausência de incêndio e ocorrência da espécie = c_0

Grade 4: ausência de incêndio e ausência da espécie = d_0

Como você pode observar na Figura 5, a janela de menu do *Raster calculator* apresenta:

- a lista de PIs e variáveis,
- uma calculadora
- um menu de operações
- um retângulo em branco (região central), no qual a equação a ser calculada será escrita à medida que você seleciona um (ou mais) e funções
- uma área para escolher o local e inserir o nome da grade de resultados

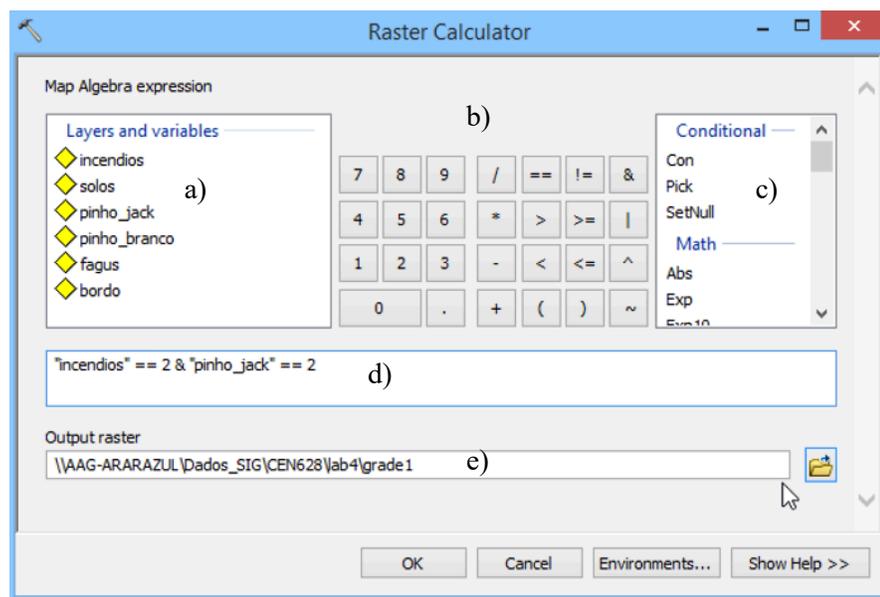


Figura 5. Menu principal do *Raster Calculator*.

Agora você deverá inserir a equação para obter a **grade1**, ou seja você deverá pedir para o programa: isolar todas as áreas em que ocorrem incêndios (2) e ocorre a espécie (2) ou “incêndios == 2 & “pinho_jack”== 2

Na Figura 5, você pode observar como fica a equação para obter a grade1. Esta equação é montada da seguinte maneira:

- clique em incêndios duas vezes (o PI deve aparecer no retângulo em branco)
- clique em = uma vez (observe que o sinal é duplicado ==)
- clique em & uma vez
- clique em *pinho_jack* duas vezes (o PI deve aparecer no retângulo em branco)
- Em *Output Raster*, clique no ícone da pastinha e salve o seu resultado com o nome de grade1 em **C:\CEN628\lab6**. Clique OK para rodar o processo.

Após concluída a operação, abra a tabela de atributos da **grade1** e verifique que a mesma é binária, ou seja cada célula tem um valor 0 (zero) ou 1 (um). O valor zero (0) é atribuído às células nas quais não se cumpre a condição de ocorrência de incêndios e do pinheiro. Já o valor um (1) é atribuído às células nas quais a condição se cumpre, ou seja, nas quais há incêndios e a presença do pinheiro. Em outras palavras, valores “0” indicam que a condição é falsa e valores “1” verdadeira.

Na tabela de atributos você tem uma coluna chamada COUNT (contagem) que indica quantas células da grade estão associadas a cada valor. Registre na Tabela 2 o número de células que na **grade1** apresentam valor = 1

Repita esta operação para as gerar as grades 2, 3 e 4, usando as seguintes equações:

grade2: “incendios” == 2 & “pinho_jack” == 1 (com incêndio e sem espécie);

grade3: “incendios” == 1 & “pinho_jack” == 2 (sem incêndio e com espécie);

grade4: “incendios” == 1 & “pinho_jack” == 1 (sem incêndio e sem espécie).

Registre os resultados na Tabela 2 e calcule o χ^2 e analise os resultados lembrando que:

- χ^2 crítico: 10,83, 1 grau de liberdade e $P = 0,0001$;
- H_0 = árvore não está associada com a presença do regime de perturbação de incêndios;
- Rejeita-se H_0 se χ^2 calculado > 10,83.

Tabela 2. Frequências observadas e esperadas da ocorrência de incêndios e do pinheiro jack e valor do Qui-quadrado

	Valores observados	Equações 3 a 6	Valores esperados
a _o (grade 1)		$a_e = \frac{(a_o+b_o)(a_o+c_o)}{n}$	
b _o (grade2)		$b_e = \frac{(a_o+b_o)(b_o+d_o)}{n}$	
c _o (grade3)		$c_e = \frac{(c_o+d_o)(a_o+c_o)}{n}$	
d _o (grade4)		$d_e = \frac{(c_o+d_o)(b_o+d_o)}{n}$	
$n = a_o + b_o + c_o + d_o$		Equação 2 (membros)	Valores calculados
a _o + b _o		$\left(\frac{(a_o - a_e).^2}{a_e} \right)$	
a _o + c _o		$\left(\frac{(b_o - b_e).^2}{b_e} \right)$	
b _o + d _o		$\left(\frac{(c_o - c_e).^2}{c_e} \right)$	
c _o + d _o		$\left(\frac{(d_o - d_e).^2}{d_e} \right)$	
$\chi^2 = \left(\frac{(a_o - a_e).^2}{a_e} \right) + \left(\frac{(b_o - b_e).^2}{b_e} \right) + \left(\frac{(c_o - c_e).^2}{c_e} \right) + \left(\frac{(d_o - d_e).^2}{d_e} \right)$			

Repita os mesmos procedimentos com os solos, neste caso você só irá utilizar apenas a classe de solos 1. Lembre que o solo que interessa neste caso é o codificado com valor 1, portanto para selecionar no *Raster calculator* as células nas quais ele está ausente você deverá usar [solos] < > 1, para selecionar apenas os valores que são menores ou maiores que 1. Usando o *Raster calculator*, obtenha as seguintes grades com as respectivas equações e registre seus resultados na Tabela 3, lembrando que:

grade5, ocorrência do solo da classe 1 e ocorrência da espécie: [solos] == 1 & [pinho_jack] == 2;

grade6, ocorrência do solo da classe 1 e ausência da espécie: [solos] == 1 & [pinho_jack] = 1;

grade7, ausência do solo da classe 1 e ocorrência da espécie: [solos] != 1 & [pinho_jack] == 2;

grade8, ausência do solo da classe 1 e ausência da espécie, [solos] != 1 & [pinho_jack] = 1.

Registre os resultados na Tabela 3 e calcule o χ^2 e analise os resultados lembrando que:

- χ^2 crítico: 10,83, 1 grau de liberdade e $P = 0,0001$;
- H_0 = árvore não está associada com a presença do regime de perturbação de incêndios;
- Rejeita-se H_0 se χ^2 calculado $> 10,83$.

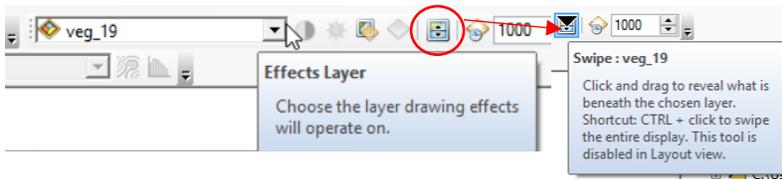
Tabela 3. Frequências observadas e esperadas da ocorrência de solos do tipo 1 e do pinheiro jack e valor do Qui-quadrado

	Valores observados	Equações 3 a 6	Valores esperados
a_o (grade 1)		$a_e = \frac{(a_o+b_o)(a_o+c_o)}{n}$	
b_o (grade2)		$b_e = \frac{(a_o+b_o)(b_o+d_o)}{n}$	
c_o (grade3)		$c_e = \frac{(c_o+d_o)(a_o+c_o)}{n}$	
d_o (grade4)		$d_e = \frac{(c_o+d_o)(b_o+d_o)}{n}$	
$n = a_o + b_o + c_o + d_o$		Equação 2 (membros)	Valores calculados
$a_o + b_o$		$\left(\frac{(a_o - a_e).^2}{a_e} \right)$	
$a_o + c_o$		$\left(\frac{(b_o - b_e).^2}{b_e} \right)$	
$b_o + d_o$		$\left(\frac{(c_o - c_e).^2}{c_e} \right)$	
$c_o + d_o$		$\left(\frac{(d_o - d_e).^2}{d_e} \right)$	
$\chi^2 = \left(\frac{(a_o - a_e).^2}{a_e} \right) + \left(\frac{(b_o - b_e).^2}{b_e} \right) + \left(\frac{(c_o - c_e).^2}{c_e} \right) + \left(\frac{(d_o - d_e).^2}{d_e} \right)$			

Etapa III- Análise do efeito da perturbação

Inicie um novo projeto e adicione os PIs *veg_19* e *veg_20* (C:\CEN628\lab6), os quais representam, respectivamente, a cobertura e uso do solo na região de estudo em 1840 e 1990. Modifique a simbologia utilizando como item de visualização o campo **uso**. Use a mesma paleta de cores para simbolizar as classes comuns aos dois mapas deixando-os com as mesmas cores (*Properties, Symbology*,

Categories, Unique Values, Value Field = USO e Add All Values, OK). Avalie, vicualmente, as principais mudanças no uso do solo comparando os mapas *veg_19* e *veg_20*. Para tal, no menu principal, na barra de menu *Effects*, selecione *veg_19* como *Effect Layer* (certifique-se que este PI está localizado acima do *veg_20* na Tabela de conteúdo). Agora clique em *Swipe*, e posicione o mouse no limite superior do mapa, clique no uma seta dupla ⇄ aparecerá. Arraste, lentamente, o *mouse* para abaixo.



A medida que você movimentar o *mouse* para baixo, você passa a visualizar parte do PI *veg_20*.

Agora você irá analisar quantitativamente os impactos das mudanças na paisagem entre 1840 e 1990. Para tal você irá calcular alguma das chamadas métricas ou índices da paisagem utilizando a ferramenta *Summarize*. Abra a tabela de atributos do PI *veg_19*, selecione a coluna *uso*, clique no botão direito do *mouse* e, no menu que se abrirá selecione *Summarize*. Expanda a opção *area_ha* e selecione: *Sum*, para obter a soma da área total de cada classe de uso do solo; *Mean*, para obter a área média de cada classe de uso do solo; *Maximum area*, para obter a área do maior fragmento. Clique ok e abra a tabela que será adicionada à Tabela de Conteúdo no final da operação.

A partir de cada tabela gerada no *Summarize*, crie um gráfico de pizza da distribuição da área total de cada classe para cada mapa. Para tal, na tabela criada pelo comando, abra o menu e selecione *Create Graph*, no campo *Graph Type* selecione *pie*, em *Value field*: *Sum_area_ha* e em *Label Field* *Uso*. Finalmente mude a opção *Color* para *Palette*. Observe que na mesma aparece uma coluna chamada *Count*, a qual relaciona o número de fragmentos de cada classe de uso do solo. Com estes resultados preencha a Tabela 4. Repita o mesmo procedimento para o outro PI e anote os valores obtidos na Tabela

5.

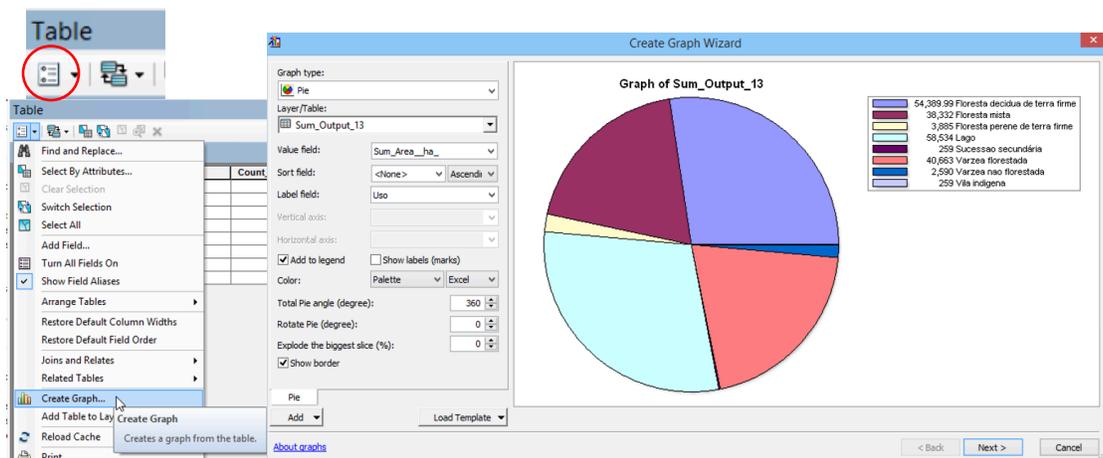


Tabela 4. Métricas da paisagem por classes obtidas do mapeamento da vegetação no final do século XIX, onde NF = número de fragmentos; AC = área total da classe; AMF = área do maior fragmento; TMF = tamanho médio dos fragmentos

Grid code	Classe de uso	NF	AC	AMF	TMF
0	Lago				
1	Vila indígena				
2	Floresta decídua de terra firme				
3	Floresta perene de terra firme				
4	Floresta mista				
5	Várzea florestada				
6	Várzea não florestada				
7	sucessão secundária				

Tabela 5. Métricas da paisagem por classes obtidas do mapeamento da vegetação no final do século XX, onde NF = número de fragmentos; AC = área da classe; AMF = área do maior fragmento; TMF = tamanho médio dos fragmentos.

Grid code	Classe de uso	NF	AC	AMF	TMF
0	Lago				
1	área urbana				
2	Floresta decídua de terra firme				
3	Floresta perene de terra firme				
4	Floresta mista				
5	Várzea florestada				
6	Várzea não florestada				
7	Agricultura ou pastagem				