



**MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SENSORIAMENTO REMOTO**

**TRABALHO DE ANÁLISE ESPACIAL
MÉTRICAS DO FRAGSTATS**

Carlos Frederico de Sá Volotão

Trabalho de Análise Espacial do curso de Mestrado do INPE.
Professores: Dr. Antônio Miguel Vieira Monteiro e Dr. Gilberto Câmara Neto.

INPE
São José dos Campos
Outubro de 1998

RESUMO

Com índices numéricos, pode-se quantificar os atributos espaciais de uma paisagem. O uso, entretanto, das métricas desenvolvidas em Ecologia, tem sua correta aplicação com o pré-requisito do conhecimento minucioso dos parâmetros e fenômenos envolvidos. A utilização do *software Fragstats* permite o cálculo de inúmeras métricas. A análise espacial da paisagem pode lançar mão da grande vantagem de se ter um conjunto de métricas tão representativo, mas sempre os índices obtidos devem ser considerados em conjunto com as informações visuais obtidas das próprias imagens. Com o *Fragstats* não é possível descrever de modo adequado a paisagem somente com os resultados quantitativos produzidos. O uso das métricas tem sua grande aplicação nas comparações entre paisagens, podendo-se avaliar as mudanças temporais, as diferenças de paisagem provocadas pelo uso de diferentes parâmetros na classificação de imagens, implicações das diferenças espaciais provocadas por diferentes fragmentos de uma paisagem, etc.

SUMÁRIO

RESUMO	II
SUMÁRIO	III
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 ANÁLISE ESPACIAL.....	2
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
2.1 SOBRE O FRAGSTATS.....	Erro! Indicador não definido.
3 AS MÉTRICAS DO FRAGSTATS.....	8
3.1 MÉTRICAS DE ÁREA	8
3.2 MÉTRICAS DE FRAGMENTOS.....	9
3.3 MÉTRICAS DE BORDAS	10
3.4 MÉTRICAS DE FORMA.....	12
3.5 MÉTRICAS DE ÁREA CENTRAL (“CORE”)	15
3.6 MÉTRICAS DE VIZINHO MAIS PRÓXIMO.....	17
3.7 MÉTRICAS DE CONTÁGIO E INTERCALAÇÃO (OU MISTURA)	19
3.8 MÉTRICAS DE DIVERSIDADE	20
4 APLICAÇÕES	22
4.1 O QUE PRECISA SER REPRESENTADO	25
4.2 COMO PODE SER REPRESENTADO PELAS MÉTRICAS... Erro! Indicador não definido.	
4.3 DEPENDÊNCIA DAS MÉTRICAS.....	26
5 OS PARÂMETROS INICIAIS	27
5.1 SEQUÊNCIA DOS PARÂMETROS SOLICITADOS	22
5.2 PROCEDIMENTO DE TRANSFORMAÇÃO	Erro! Indicador não definido.
6 ESTUDO DE CASOS	28
6.1 TRABALHANDO COM FRAGMENTOS DE MESMA FORMA	28
6.2 MÉTRICAS UTILIZADAS.....	29
6.3 MÉTRICAS NÃO UTILIZADAS	29
6.4 RESULTADO ESPERADO	29
6.5 APROVEITAMENTO DO RESULTADO NA ANÁLISE ESPACIAL.....	Erro! Indicador não definido.
7 CONCLUSÃO.....	31
7.1 asdf.....	Erro! Indicador não definido.
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34
APÊNDICE 1	36
Parâmetros do <i>Fragstats</i> / DOS.....	36
APÊNDICE 2	37
RESULTADOS OBTIDOS NO ITEM 5 (TRÊS EXEMPLOS SEGUIDOS DAS IMAGENS)	37

1 INTRODUÇÃO

Um grande número de métricas consagradas por trabalhos de décadas vem sendo usado de modo progressivo pelos ecólogos para quantificar as paisagens. Um dos motivos que proporcionou a popularização dessas métricas e seu emprego em Ecologia de Paisagens foi a disponibilização de recursos computacionais cada vez mais poderosos, além do fato de fazerem hoje parte do dia-a-dia de cada cientista e estudioso de todas as áreas do conhecimento.

Um estudo pormenorizado pode mostrar que as métricas são de grande valor para a caracterização espacial das paisagens, mas ainda há uma completa dependência do usuário ter conhecimento das métricas a respeito das implicações do seu uso. Um conhecimento profundo irá permitir a escolha das escalas e dos aspectos do terreno relevantes para a análise espacial.

Como ferramenta difundida a partir do ano de 1993 e gratuitamente pela internet, o software *Fragstats* apresenta um papel ímpar na área de *Ecologia da Paisagem*, pois disponibiliza inúmeras métricas num único pacote. A facilidade de uso do *Fragstats* pode-se dizer que é inversamente proporcional à interpretação de seus resultados. As métricas foram interpretadas e implementadas em linguagem computacional. A explicação e a utilização presume sempre o conhecimento do trabalho dos criadores das métricas (geralmente ecólogos).

São apresentadas as métricas da versão do *Fragstats*, que é de domínio público, e é feita uma descrição breve. Este trabalho baseia-se no *Fragstats* e, por este motivo, o manual é a base do trabalho. As principais idéias encontram-se, quando não indicada a fonte, no manual do *Fragstats*.

Algumas interpretações e limitações são vistas neste trabalho (aplicações, parâmetros e casos analisados). Para analisar um pequeno grupo de métricas relacionadas às configurações espaciais, foram realizados três exemplos práticos que estão comentados nos subitens correspondentes.

O *software* pode ser encontrado no endereço de internet <[ftp.fsl.orst.edu/pub/FRAGSTATS.2.0](ftp://fsl.orst.edu/pub/FRAGSTATS.2.0)>

1.1 ANÁLISE ESPACIAL

“Todas as medidas estatísticas, que inibem um certo grau de complexidade, são categorizadas como *Análise Espacial*. Isto inclui as medidas ecológicas da paisagem de *padrão* e *dispersão* (como freqüência, índices de similaridade, riqueza relativa, diversidade, dominância, i.e., 1 – uniformidade, fragmentação, densidade, índice de Shannon, e graus de liberdade) mas também inclui *centralidade* ou *conectividade*, *medidas de forma* (como assimetria ou compactação), e todo o conjunto de ferramentas para a *análise multivariada*. Todas estas métricas resultam em números singulares, que são o motivo porque podem ser categorizados como *Métricas*. Alguns dos cálculos, entretanto, são tão complexos que os usuários podem ficar confusos se eles estiverem agrupados entre métricas como *perímetro* ou *área*.

Medidas de *padronização* e *dispersão* são possivelmente as operações mais tradicionais dentre todas as operações de *Análise Espacial*, pelo menos com respeito à estatística descritiva. Os biólogos, os economistas, os historiadores, os sociólogos e, especialmente, os geógrafos procuram explicar os processos básicos por meio da análise espacial dos padrões de seus objetos de pesquisa. Os resultados numéricos não passam de indicadores e precisam ser empregados com muito cuidado; mas este é um problema geral da estatística.

Embora tenha sido desenvolvido para aplicações na área florestal, o pacote do *Fragstats* (McGarigal e Marks, 1994) define os padrões para este tipo de estatística, que pode ser utilizada em muitos outros domínios. A *Centralidade* dá tanto o centro de um cluster de pontos ou uma medida de conectividade em uma rede. Medidas de *forma* são utilizadas num vasto conjunto de aplicações (como em geomorfologia, biogeografia, política ou práticas arqueológicas. Um grande número de parâmetros básicos que podem ser encontrados nos grupos de *Medidas* (área, perímetro, centróide, etc.), podem ser usados para descrever alongação, orientação, compactação, pontilhamento ou fragmentação.” [1]

O *Fragstats* pode quantificar a fragmentação de uma paisagem, fornecendo valores quantitativos de extensão de área e de distribuição espacial de fragmentos (i.e., *patches* são os polígonos que fazem a cobertura de um mapa) dentro da paisagem. Ele apresenta um grande número de métricas de diversas categorias: área, densidade de fragmentos, borda, área central, diversidade, intercalação, vizinho mais próximo etc; pode operar em plataforma UNIX ou DOS e tem flexibilidade quanto à variedade de tipos de arquivos de entrada. [1]

1.2 O QUE É FRAGSTATS

“O *Fragstats* é um software de domínio público que calcula a estrutura da paisagem usando mais de 50 métricas da paisagem. Foi desenvolvido por Kevin McGarigal e Barabara J. Marks, na Universidade "Oregon State University". Um dos formatos que ele aceita é o formato de dados do IDRISI.” [3]

“O *Fragstats* é um programa de DOS largamente utilizado e que gera um conjunto compreensivo de métricas de paisagem baseadas na fragmentação de um raster. Requer como entrada um raster de cobertura da terra ou de uso da terra classificados e uma série de complicados argumentos do comandos de linha. De sua execução resultam quatro arquivos-texto (ASCII) contendo várias estatísticas ecológicas e, opcionalmente, uma saída raster.” [5]

“O formato do *Fragstats* é relativamente complexo. Uma série de opções de entrada são gravados durante a execução do programa, que gera estatísticas específicas em quatro arquivos ASCII separados e uma opção de saída raster.” [5] A descrição do comando de linha pode ser vista no Apêndice.

“[A versão comercial para Arc/Info] calcula cerca de 100 métricas e aceita imagens IDRISI, imagens ERDAS (*.LAN ou *.GIS, e não *.IMG) e ASCII assim como arquivos de imagem de 8 ou 16 bits na versão raster e cobertura de polígonos do ARC/INFO na versão vetorial.” [6]

Fragstats é um programa de estatísticas espaciais bastante versátil, projetado para quantificar a composição, configuração e conectividade dos objetos espaciais dentro de uma imagem raster. Este programa foi projetado para quantificar as extensões e as distribuições espaciais dos fragmentos (i.e., polígonos) representados em imagens digitais. O uso de *Fragstats* elimina a necessidade de escrever comandos de “*script*” para um sistema de informações geográficas (SIG). [7]

O programa *Fragstats* de estatística espacial aceita uma imagem classificada, realiza pesquisas na imagem para buscar fragmentos contíguos de cada tipo, e então calcula um conjunto compreensivo de valores de paisagem e índices baseados nos fragmentos encontrados. Os índices são calculados em três níveis: o fragmento individual, cada tipo de classe encontrada (p. ex., toda a cobertura vegetal), e a paisagem como um todo. [7]

1.3 ECOLOGIA DA PAISAGEM

“A ecologia da paisagem envolve o estudo de padrões da paisagem, as interações entre os *fragmentos* dentro de um mosaico da paisagem, e de como estes padrões e interações se modificam com o tempo. Além disso, a ecologia da paisagem envolve a aplicação destes princípios na formulação e na solução dos problemas do mundo-real. A ecologia da paisagem considera o desenvolvimento e as dinâmicas da heterogeneidade e sua influência nos processos ecológicos, e o gerenciamento da heterogeneidade espacial.

Com a ecologia da paisagem sendo colocada na vanguarda da ecologia, vemos o reconhecimento de que os processos ecológicos influenciam e são influenciados pela interação dinâmica entre os ecossistemas. Este avanço no interesse sobre a ecologia da paisagem também tem se tornado manifesto numa onda de esforços recentes para incorporar uma perspectiva de paisagem nas políticas e regras de gerenciamento de terras públicas. A ecologia da paisagem incorpora um modo de pensar que muitos vêem como muito útil para organizar as abordagens de gerenciamento de terras. Especificamente, a ecologia da paisagem focaliza 3 características da paisagem:

1. *Estrutura* o relacionamento espacial entre os ecossistemas característicos ou os *elementos* presentes -- mais especificamente, a distribuição de energia, materiais, e espécies em relação aos tamanhos, formas, números, tipos e configurações dos ecossistemas.
2. *Função* as interações entre os elementos espaciais, isto é, os fluxos de energia, materiais, e espécies entre os ecossistemas componentes.
3. *Mudança* a alteração na estrutura e função do mosaico ecológico pelo tempo.

A ecologia da paisagem é largamente fundada na premissa de que a padronagem dos elementos de paisagem (*patches* = pedaços, partes, remendos, fragmentos ou pequenos polígonos) fortemente influenciam os processos ecológicos. A capacidade de quantificar a estrutura da paisagem é um pré-requisito para o estudo da função e modificação da paisagem. Por esta razão, muita ênfase tem sido dada no desenvolvimento de métodos para quantificar a estrutura da paisagem. A maior parte dos esforços de hoje têm sido empregados para sanar as necessidades de objetivos de pesquisa específicos e têm empregado programas de computador gerados pelo usuário para fazer as análises. Tais programas, gerados pelo usuário, procuram realizar a inclusão de métodos analíticos personalizados e ligações fáceis entre programas outros como de modelos de simulação espacial, ainda que geralmente não tenham as capacidades avançadas de gráficos que estão presentes nos SIG disponíveis comercialmente. A maioria destes programas de "fabricação caseira" são limitados a um ambiente de hardware particular, ou são encapsulados dentro de

grandes pacotes de software projetados para cumprir um objetivo específico de pesquisa.” [9]

“A floresta e os ecossistemas relacionados vêm sendo significativamente alterados em seu primeiro século de administração ativa, mas há razão para cauteloso otimismo. Grandes áreas permanecem relativamente sem modificação e intactas, como as que podem ser encontradas nas cascatas do norte, no Snake Headwaters, e nas montanhas de Central Idaho, e estas áreas podem prover um *núcleo* essencial para estratégias de conservação e atividades de restauração. As estratégias para melhorar a saúde dos ecossistemas da bacia podem ser construídas sobre os esforços já existentes. O melhor entendimento das mudanças dos padrões de vegetação, dos fatores de causas, e as ligações entre os processos de perturbação irão ajudar os gerentes e políticos na tomada de decisões acertadas com respeito à maneira de dirigir importantes questões de saúde do ecossistema.” [8]

1.4 PAISAGEM

“Existem várias interpretações diferentes para este termo tão utilizado. As diferenças entre as definições torna difícil uma comunicação clara, e ainda mais difícil ainda o estabelecimento de medidas de gerenciamento consistentes. Invariavelmente as definições de paisagem incluem uma área de terra contendo um mosaico de partes ou elementos da paisagem. Talvez a definição mais comum de paisagem seja uma área de terra heterogênea composta de um agrupamento de ecossistemas interativos que se repetem de modo similar por todas as partes. Esta concepção difere do conceito tradicional de ecossistema por focalizar os grupos de ecossistemas e as interações entre eles. Existem diversas variantes da definição dependendo do contexto da pesquisa ou gerenciamento. Por exemplo, da perspectiva de uma vida selvagem, devemos definir a paisagem como uma área de terra contendo um mosaico de partes do habitat, que freqüentemente tem dentro de si um fragmento de habitat *foco* ou *alvo* particular, que faz parte dele. O fato dos habitats somente poderem ser definidos relativamente à percepção do ambiente de um organismo em particular (i.e., cada organismo define fragmentos de habitats de formas e em escala diferentes), o tamanho da paisagem irá diferir de acordo com os organismos. Entretanto, as paisagens geralmente ocupam alguma escala espacial intermediária entre a área do *nicho* normal de um organismo e da sua distribuição regional. Em outras palavras, porque os organismos usam escalas de ambiente diferentes (i.e., uma salamandra e um gavião vêm seu ambiente por diferentes escalas), não existe uma dimensão absoluta para a paisagem; de uma perspectiva organocêntrica, a dimensão de uma paisagem varia dependente do quê constitui um mosaico de partes de habitat ou fontes que sejam significativos para um organismo em particular.

Esta definição mais provavelmente contrasta com a mais antropocêntrica definição de que uma paisagem corresponde a uma área de terra igual ou maior que, digamos, uma bacia larga (p. ex., diversos milhares de hectares). De fato, alguns autores têm sugerido um limite menor para paisagens de uns *poucos quilômetros de diâmetro*, embora eles tenham reconhecido que a maioria dos princípios de ecologia da paisagem se aplicam aos mosaicos ecológicos em qualquer nível ou escala. Enquanto esta possa ser uma definição mais pragmática (prática) que a definição organocêntrica, e talvez corresponda à nossa percepção humana de ambiente, ela tem utilidade limitada na gerência das populações de vida selvagem se você aceita o fato de que cada organismo tem a sua própria escala (diferenciada) do ambiente. De uma perspectiva organocêntrica, um ambiente pode alcançar, em escalas absolutas, de uma área menor que uma única barraca de acampamento (p. ex., bivaque) até uma ecorregião. Se você aceitar esta definição organocêntrica de paisagem, uma consequência lógica disto é um mandato para gerenciar habitats de vida selvagem cruzando todas as possibilidades de escalas espaciais; cada escala, seja ela a barraca ou uma queda d'água, ou qualquer outra escala, irá igualmente ser importante para um subconjunto de espécies, e cada espécie irá, semelhantemente, responder a mais de uma escala.

Não se está querendo impor uma única definição de paisagem. Ao contrário, deseja-se mostrar que existem vários modos apropriados para se definir a paisagem, dependendo do fenômeno em consideração. O ponto importante é que a paisagem não é necessariamente definida por suas dimensões; ao invés disso, é definida por um mosaico interativo de partes relevantes ao fenômeno sob consideração (em qualquer escala). É incumbência do investigador ou gerente definir a paisagem de maneira apropriada. O primeiro passo essencial em qualquer trabalho de pesquisa ou gerenciamento no nível de paisagem é justamente definir paisagem.” [9]

1.5 FRAGMENTO

“De que é composta a paisagem? Paisagens são compostas de uma emenda de fragmentos. Os ecologistas da paisagem têm usado uma variedade de termos para se referirem aos elementos básicos ou às unidades que compõem uma paisagem, incluindo *ecotope*, *biotope*, componente da paisagem, elemento da paisagem, unidade da paisagem, célula da paisagem, *geotope*, *facies*, *habitat*, e *site*. Preferimos o termo fragmento, mas qualquer desses termos, quando definidos, estão satisfatoriamente de acordo com a preferência do investigador. Como a paisagem, as partes compreendidas na paisagem não são evidentes por si só; as partes precisam estar definidas de acordo com o fenômeno em consideração. Por exemplo, de uma perspectiva de gerenciamento de madeira uma *parte* pode corresponder a um fragmento de floresta.

Entretanto, o fragmento pode não funcionar como um *fragmento*, considerada a perspectiva particular de um organismo. Por uma perspectiva ecológica, as partes representam relativamente áreas discretas (domínio espacial) ou períodos (domínio temporal) de condições ambientais relativamente homogêneas onde os limites das partes são distinguidos por descontinuidades nos estados característicos ambientais de seus arredores com magnitudes que são percebidas ou são relevantes ao organismo ou fenômeno ecológico sob consideração. Por uma visão organocêntrica, as partes podem ser definidas como unidades ambientais entre as quais as perspectivas de aptidão, ou *qualidade*, diferem, embora, na prática, as partes possam ser mais apropriadamente definidas pela distribuição não-aleatória da utilização da atividade ou fonte entre unidades ambientais, como reconhecido no conceito de *Resposta dos Grãos*.

As partes são dinâmicas e ocorrem numa variedade de escalas espaciais e temporais que, de uma perspectiva organocêntrica, variam como função das percepções animais. Uma parte em qualquer dada escala tem uma estrutura interna que é um reflexo da partição em escalas menores, e o mosaico contendo aquela parte tem uma estrutura que é determinada pelo particionamento em escalas maiores. Por isto, indiferente às bases para definir os fragmentos, uma paisagem não contém um único mosaico de fragmentos, mas contém uma hierarquia de mosaico de partes que pode ter uma faixa de escalas. Por exemplo, de uma perspectiva organocêntrica, a menor escala que um organismo percebe e responde à estrutura das partes é o seu *grão*. Este limiar mais baixo de heterogeneidade é o nível de resolução no qual o tamanho da parte se torna tão pequena que os indivíduos ou as espécies param de responder a ele, ainda que a estrutura da parte possa existir numa resolução ainda melhor.” [9]

1.6 MATRIZ

“Uma criança brincando numa caixa de areia fica protegida do exterior e se concentra na criação de sua própria paisagem. Faz desenhos de formas, e amaciam a superfície com suas mãos, formando uma *matriz* envolvente. Juntas, criam um mosaico para toda a caixa de areia. O mosaico é modificado e moldado continuamente, e, usualmente, pontilhado de *enormes* distúrbios. Nós somos as crianças e o mundo é nossa caixa de areia.” [9] Esta é uma noção básica do que é uma matriz. Na prática, podemos classificar como matriz a maior classe e mais conectada, sendo esta, assim, a classe de fragmentos que dita as *regras*. (ver [9])

2 AS MÉTRICAS DO FRAGSTATS

O *Fragstats* pode ser visto como um conjunto de ferramentas auxiliares da Análise Espacial da paisagem, e assim, será neste capítulo apresentada a lista de métricas já separadas por categorias. Dentro de cada categoria, as métricas serão agrupadas em ordem dos três respectivos níveis: fragmentos, classes e paisagem, respectivamente.

As diversas métricas podem ser classificadas em oito grupos de categorias: métricas de área, de fragmentos, de bordas, de forma, de área central (“core”), de vizinho mais próximo, de contágio e mistura e de diversidade.

As métricas são listadas a seguir, mostradas as siglas (que são usadas no *Fragstats*) das métricas e uma descrição sucinta. Também ao lado de cada sigla estará a tradução do seu significado em negrito – observar que algumas das métricas referem-se a simples repetição de valores fornecidos como parâmetros (como PR) e que a maior parte das métricas de classe são as mesmas da paisagem, apenas adaptadas para englobar todas as classes – salvo as métricas de diversidade, que só estão presentes na paisagem.

2.1 MÉTRICAS DE ÁREA

Em geral as métricas de área são as bases do conhecimento da paisagem. São utilizadas por outras métricas e são métricas muito úteis para estudos ecológicos, uma vez que a riqueza e abundância de certas espécies dependem das dimensões dos fragmentos da paisagem para existir. Em geral é muito importante saber quanto de área de uma classe existe na paisagem. Mas a aplicação depende das espécies. Por exemplo, para pássaros a fragmentação do terreno pode não afetar tanto negativamente quanto para grandes vertebrados, que podem ter problemas de deslocamento, dependendo dos tipos de fragmentos presentes.

Para Fragmentos:

- **AREA – área**
 - Área do fragmento em hectares (10.000 m²).
- **LSIM – índice de similaridade da paisagem**
 - Percentagem de fragmentos de mesma classe na paisagem.

Para Classes:

- **CA – área da classe**
 - Área de todos os fragmentos da classe em hectares.
- **%LAND – percentagem da paisagem**
 - exatamente igual a LSIM
- **TA – área total da paisagem**
 - Área de toda a paisagem em hectares.
- **LPI – índice de fragmento maior**
 - Percentagem da paisagem ocupada pelo maior fragmento da classe.

Para Paisagens:

- **TA – área total da paisagem**
 - Área de toda a paisagem em hectares.
- **LPI – índice de fragmento maior**
 - Percentagem da paisagem ocupada pelo maior fragmento da paisagem (de qualquer classe).

2.2 MÉTRICAS DE FRAGMENTOS

Não representam medidas explicitamente espaciais, mas, pode-se considerar, representam a configuração da paisagem. As informações desta categoria são importantes por caracterizarem os fragmentos (número de fragmentos, tamanho médio, densidade, variação etc.). Estas métricas permitem que se ordene por grau de fragmentação, heterogeneidade de fragmentos, ou outros aspectos relacionados aos fragmentos na paisagem.

Para Fragmentos: não há.

Para Classes:

- **NP – número de fragmentos**
 - Número de fragmentos existentes na classe.
- **PD – densidade de fragmento**
 - Número de fragmentos da classe em 100 hectares de paisagem.

- **MPS – tamanho médio dos fragmentos**
 - Média entre as áreas em hectares de todos os fragmentos da classe.
- **PSSD – desvio padrão do tamanho dos fragmentos**
 - A raiz quadrada do erro médio quadrático do tamanho dos fragmentos da classe.
- **PSCV – coeficiente de variação do tamanho dos fragmentos**
 - PSSD dividido por MPS, ou seja, a variabilidade do tamanho dos fragmentos relativos ao tamanho médio de fragmento da classe.

Para Paisagens:

- **NP – número de fragmentos**
 - Número de fragmentos existentes na paisagem.
- **PD – densidade de fragmento**
 - Número de fragmentos de todas as classes em 100 hectares de paisagem.
- **MPS – tamanho médio dos fragmentos**
 - Média entre as áreas em hectares de todos os fragmentos da paisagem.
- **PSSD – desvio padrão do tamanho dos fragmentos**
 - A raiz quadrada do erro médio quadrático do tamanho dos fragmentos da paisagem (população).
- **PSCV – coeficiente de variação do tamanho dos fragmentos**
 - PSSD dividido por MPS, ou seja, a variabilidade do tamanho dos fragmentos relativos ao tamanho médio de fragmento da paisagem.

2.3 MÉTRICAS DE BORDAS

Representam a configuração da paisagem, ainda que não explicitamente. Vários fenômenos ecológicos se caracterizam pela quantidade total de bordas, e a informação sobre as bordas (que pode caracterizar pelo padrão espacial o *efeito de borda*) é, conforme os estudos mais recentes, um importante aspecto estudado pelos investigadores ecológicos.

O efeito de bordas numa floresta, por exemplo, resulta em diferentes intensidades de vento e intensidade e qualidade de iluminação solar, produzindo microclimas e taxas de distúrbio.

Para Fragmentos:

- **PERIM - perímetro**
 - Perímetro do fragmento incluindo áreas vazadas.
- **EDCON – índice de contraste de bordas**
 - Produto do peso do contraste correspondente a cada vizinhança com o comprimento do segmento dividido pelo perímetro (soma dos segmentos).

Para Classes:

- **TE – total de bordas**
 - Soma de todas as bordas da classe.
- **ED – densidade de bordas**
 - TE dividido pela área total em hectares.
- **CWED – densidade de borda ponderada por contraste**
 - Mesmo que ED, mas ponderado pelo valor de contraste entre classes fornecido.
- **TECI – índice de contraste do total de bordas**
 - Soma, ponderada pelo peso de contraste, dos perímetros dos fragmentos, dividida pela soma dos segmentos de borda.
- **MECI – índice de contraste de bordas médias**
 - Percentagem da soma, ponderada pelo contraste, dos segmentos de borda, dividida pelo perímetro total do fragmento, divididos pelo número de fragmentos do mesmo tipo.
- **AWMECI – índice de contraste de borda média ponderada por área**
 - Soma de todos os [(Produto dos segmentos de perímetro pelo contraste divididos pelo perímetro total) multiplicado por (área do fragmento dividido pela área da classe)] para toda a classe.

Para Paisagens:

- **TE – total de bordas**
 - Soma de todas as bordas da paisagem.

- **ED – densidade de bordas**
 - TE dividido pela área total em hectares.
- **CWED – densidade de borda ponderada por contraste**
 - Mesmo que ED, mas ponderado pelo valor de contraste entre classes fornecido.
- **TECI – índice de contraste do total de bordas**
 - Soma dos segmentos de cada segmento de borda da paisagem multiplicados pelo peso de contraste, divididos pelo comprimento total das bordas na paisagem.
- **MECI – índice de contraste de bordas médias**
 - Percentagem da soma, ponderada pelo contraste, dos segmentos de borda, dividida pelo perímetro total, divididos pelo número total de fragmentos.
- **AWMECI – índice de contraste de borda média ponderada por área**
 - Soma de todos os [(Produto dos segmentos de perímetro pelo contraste divididos pelo perímetro total) multiplicado por (área do fragmento dividido pela área da paisagem)] para toda a paisagem.

2.4 MÉTRICAS DE FORMA

O tamanho e forma dos fragmentos de paisagem podem influenciar inúmeros processos ecológicos importantes. Sua forma pode influenciar processos entre fragmentos, como a migração de pequenos mamíferos e a colonização de plantas de médio e grande porte, e pode influenciar as estratégias de fuga de certos animais.

O principal aspecto da forma, entretanto, é a relação com o *efeito de borda*.

SHAPE mede a complexidade da forma comparada a um círculo (versão vetorial) ou a um quadrado (versão matricial). A dimensão fractal é muito utilizada em pesquisas ecológicas da paisagem, e sua vantagem é pode ser aplicada às feições espaciais sob diversas escalas. O uso isolado de FRACT (para fragmentos) deve ser usado com cuidado e não é tão significativo quanto as métricas fractais para classes e paisagens.

Para Fragmentos:

- **SHAPE – índice de forma**

- Perímetro do fragmento dividido pela raiz quadrada da área e dividido por 4 (a forma quadrada terá SHAPE=1)

- Este índice para o cálculo matricial teria seu mínimo no caso do círculo, quando, matematicamente teria o valor SHAPE=0.88; entretanto o cálculo matricial leva em conta os cantos dos pixels e presume os quadrados, fazendo com que esse valor, para grandes círculos, tenha algum valor próximo a SHAPE=1.13; o menor valor, deste modo, é SHAPE=1 para o quadrado.

- Um retângulo com lados L e 2L terá SHAPE=1.06

- Um retângulo com lados L e 10L terá SHAPE=1.74

- Um retângulo com lados L e 100L terá SHAPE=5.05

- Um triângulo equilátero terá SHAPE=1.07

- Quanto mais recortado e com menos área, maior o valor deste índice.

- **FRACT – dimensão fractal**

- 2 vezes o logaritmo do perímetro do fragmento dividido pelo logaritmo da área do fragmento.

- FRACT varia de 1 a 2, sendo uma alternativa para o uso de SHAPE (que varia de 1 a infinito).

Para Classes:

- **LSI – índice de forma da paisagem**

- Soma dos limites da paisagem e de todos os segmentos de borda dentro dos limites que envolvem a classe, dividida pela raiz quadrada da área total da paisagem.

- **MSI – índice de forma média**

- É a média do índice SHAPE para os fragmentos da classe correspondente.

- **AWMSI – índice de forma médio ponderado pela área**

- É a média do índice SHAPE para os fragmentos da classe correspondente, ponderada pela área do fragmento.

- **DLFD – dimensão fractal bi-logarítmica**
 - Igual a 2 dividido pela declividade da linha de regressão obtida pela regressão do logaritmo da área do fragmento pelo logaritmo do perímetro do fragmento.
 - Como o FRACT, varia entre 1 e 2
- **MPFD – dimensão fractal de fragmento médio**
 - Igual à soma de duas vezes o Log de perímetro dos fragmentos, dividido pelo Log da área do fragmento, para cada fragmento da classe, dividido pelo número de fragmentos da mesma classe.
 - Varia entre 1 e 2
- **AWMPFD – dimensão fractal de fragmento médio ponderado pela área**
 - É a média da MPFD, ponderada pela área.
 - Varia entre 1 e 2

Para Paisagens:

- **LSI – índice de forma da paisagem**
 - Soma dos limites da paisagem e de todos os segmentos de borda dentro dos limites da paisagem, dividida pela raiz quadrada da área total da paisagem.
- **MSI – índice de forma média**
 - É a média do índice SHAPE para os fragmentos da paisagem.
- **AWMSI – índice de forma médio ponderado pela área**
 - É a média do índice SHAPE para os fragmentos da paisagem, ponderada pela área do fragmento.
- **DLFD – dimensão fractal bi-logarítmica**
 - Igual a 2 dividido pela declividade da linha de regressão obtida pela regressão do logaritmo da área do fragmento pelo logaritmo do perímetro do fragmento.
 - Como o FRACT, varia entre 1 e 2
- **MPFD – dimensão fractal de fragmento médio**
 - Igual à soma de duas vezes o Log de perímetro dos fragmentos, dividido pelo Log da área do fragmento, para cada fragmento da paisagem, dividido pelo número total de fragmentos da paisagem.
 - Varia entre 1 e 2

- **AWMPFD – dimensão fractal de fragmento médio ponderado pela área**
 - É a média da MPFD, ponderada pela área.
 - Varia entre 1 e 2

2.5 MÉTRICAS DE ÁREA CENTRAL (“CORE”)

Área central é definida como a área dentro de um fragmento separada da borda por uma distância pré-definida (ou uma operação de *buffer*). Tem sido considerada uma medida muito mais forte (do ponto de vista de previsão) de qualidade de *habitats* por especialistas de áreas interiores, do que a área dos fragmentos. A área central é afetada pela forma, enquanto a área do fragmento não (considerando-se a área como invariável). Para se entender o problema das áreas centrais, pode-se pensar que certos fragmentos têm bastante área – o suficiente para manter uma dada espécie – mas não têm área central capaz de permitir uma manutenção daquela espécie.

Para Fragmentos:

- **CORE – área central**
 - Área central do fragmento
- **NCORE – número de áreas centrais**
 - Número de áreas centrais dentro de um fragmento
- **CAI – índice de áreas centrais**
 - Porcentagem de área central de cada fragmento

Para Classes:

- **C%LAND – percentual de área central (“core”) na paisagem**
 - Percentual de áreas centrais (excluídas as bordas) em relação à área total da paisagem.
- **TCA – área central total**
 - Soma das áreas centrais de toda a classe em hectares.
- **NCA – número de áreas centrais**
 - Número de áreas centrais de toda a classe.
- **CAD – densidade de áreas centrais**
 - Número de áreas centrais dividido pela área de 100 hectares.

- **MCA1 – área central média por fragmento**
 - Soma das áreas centrais da classe em hectares, dividida pelo número de fragmentos da classe.
- **CASD1 – desvio padrão das áreas centrais dos fragmentos**
 - Cálculo do desvio padrão das áreas dos fragmentos da classe, tiradas as bordas.
- **CACV1 – coeficiente de variação das áreas centrais dos fragmentos**
 - Variabilidade na área central relativa à área central média.
- **MCA2 – área média por centrais disjuntas**
 - Média das áreas centrais disjuntas do fragmento.
- **CASD2 – desvio padrão das áreas centrais disjuntas**
 - Cálculo do desvio padrão das áreas centrais disjuntas dos fragmentos da classe.
- **CACV2 – coeficiente de variação das áreas centrais disjuntas**
 - Variabilidade na área central relativa à área central média, calculada como percentagem de CASD2 por MCA2.
- **TCAI – índice de área central total**
 - Percentagem da classe que é área central, baseado na largura de borda especificada.
- **MCAI – índice de área central média**
 - Percentagem média do fragmento da classe que é área central, baseado na largura de borda especificada.

Para Paisagens:

- **TCA – área central total**
 - Soma das áreas centrais de toda a classe em hectares.
- **NCA – número de áreas centrais**
 - Número de áreas centrais de toda a classe.
- **CAD – densidade de áreas centrais**
 - Número de áreas centrais dividido pela área de 100 hectares.
- **MCA1 – área central média por fragmento**
 - Soma das áreas centrais da classe em hectares, dividida pelo número de fragmentos da paisagem.

- **CASD1 – desvio padrão das áreas centrais dos fragmentos**
 - Cálculo do desvio padrão das áreas dos fragmentos da paisagem, tiradas as bordas.
- **CACV1 – coeficiente de variação das áreas centrais dos fragmentos**
 - Variabilidade na área central relativa à área central média.
- **MCA2 – área média por centrais disjuntas**
 - Média das áreas centrais disjuntas do fragmento.
- **CASD2 – desvio padrão das áreas centrais disjuntas**
 - Cálculo do desvio padrão das áreas centrais disjuntas dos fragmentos da paisagem.
- **CACV2 – coeficiente de variação das áreas centrais disjuntas**
 - Variabilidade na área central relativa à área central média, calculada como percentagem de CASD2 por MCA2.
- **TCAI – índice de área central total**
 - Percentagem da paisagem que é área central, baseado na largura de borda especificada.
- **MCAI – índice de área central média**
 - Percentagem média do fragmento da paisagem que é área central, baseado na largura de borda especificada.

2.6 MÉTRICAS DE VIZINHO MAIS PRÓXIMO

São métricas que se baseiam na distância de vizinho mais próximo nos três níveis de fragmento, classe e paisagem. Vizinho mais próximo é definida com o a distância de um fragmento para o fragmento que está à sua volta, é do mesmo tipo, e baseado na distância borda-a-borda.

Estas métricas quantificam a configuração da paisagem. A proximidade entre os fragmentos é importante para os processos ecológicos, e têm implícito em seus resultados o grau de isolamento dos fragmentos.

Para Fragmentos:

- **NEAR** – distância do vizinho mais próximo
 - Distância euclidiana borda-a-borda entre o fragmento e o mais próximo de mesma classe

- **PROXIM** – índice de proximidade
 - Soma de cada área dos fragmentos de mesma classe divididos pela distância euclidiana borda-a-borda respectiva, considerando somente os fragmentos dentro do raio de busca.

Para Classes:

- **MNN** – distância média do vizinho mais próximo
 - Soma de todas as distâncias entre cada fragmento e o vizinho mais próximo de mesma classe, dividido pelo número de fragmentos da classe.
- **NNSD** – desvio padrão do vizinho mais próximo
 - O desvio da média na distância do vizinho mais próximo dos fragmentos da classe.
- **NNCV** – coeficiente de variação do vizinho mais próximo
 - A variabilidade na distância do vizinho mais próximo relativa à distância média do vizinho mais próximo.
- **MPI** – índice de proximidade média
 - Média de todos os PROXIM dos fragmentos da classe.

Para Paisagens:

- **MNN** – distância média do vizinho mais próximo
 - Soma de todas as distâncias entre cada fragmento e o vizinho mais próximo de mesma classe, dividido pelo número de fragmentos da paisagem, para todas as classes.
- **NNSD** – desvio padrão do vizinho mais próximo
 - O desvio da média na distância do vizinho mais próximo dos fragmentos da classe para a paisagem.
- **NNCV** – coeficiente de variação do vizinho mais próximo
 - A variabilidade na distância do vizinho mais próximo relativa à distância média do vizinho mais próximo.
- **MPI** – índice de proximidade média
 - Média de todos os PROXIM dos fragmentos da paisagem.

2.7 MÉTRICAS DE CONTÁGIO E INTERCALAÇÃO (OU MISTURA)

São métricas que visam a quantificação da configuração da paisagem como um todo, em relação à disposição das classes na paisagem. Podem medir a estrutura da paisagem.

O índice de contágio torna-se interessantes pela interpretação intuitiva de sua probabilidade: probabilidade de uma célula tomada ao acaso de pertencer a uma dada classe; e probabilidade condicional em que, dado que a célula pertence a uma classe, uma de suas células vizinhas pertence a uma outra dada classe. O produto é a probabilidade de duas células adjacentes, tomadas ao acaso, pertencerem às duas dadas classes. Varia com o número, o tamanho, a contiguidade e a dispersão dos fragmentos da paisagem.

O índice de intercalação refere-se ao nível de intercalação dos fragmentos e leva em consideração as classes dos fragmentos vizinhos.

Caso tenha-se uma paisagem com certa área composta por quatro grandes classes distintas e um fragmento por classe, e uma segunda paisagem com a mesma área, as mesmas classes, mas com centenas de fragmentos por classe, se forem igualmente intercaladas as classes, o índice de intercalação será o mesmo. O índice de contágio será, entretanto, muito diferente.

Para Fragmentos: não há.

Para Classes:

- **IJI – índice de intercalação e justaposição**

- É a intercalação observada sobre a máxima intercalação possível para um dado número de tipos de fragmentos (Classes).
- Varia de 0% a 100%.

Para Paisagens:

- **IJI – índice de intercalação e justaposição**

- É a intercalação observada sobre a máxima intercalação possível para um dado número de tipos de fragmentos (Classes).
- Varia de 0% a 100%.

- **CONTAG – índice de contágio**

- O contágio observado, sobre o contágio máximo possível para o número de tipos de fragmentos (classes) existentes.

2.8 MÉTRICAS DE DIVERSIDADE

São métricas que visam quantificar a composição (e assim a diversidade) da paisagem. São métricas muito utilizadas em aplicações ecológicas.

As métricas de diversidade são influenciadas pela riqueza de classes e uniformidade. São a seguir apresentadas três métricas de diversidade, sendo a mais popular o índice de Shannon, e procura fornecer a quantidade de *informações* por indivíduo (fragmento). Pode-se dizer que são equivalentes (quanto à utilização) as métricas SHDI e MSIDI.

As métricas de riqueza são muito afetadas pela escala, pois menores escalas tendem a conter mais classes e vice-versa, por isso existe a métrica de riqueza relativa. RPR representa a riqueza como uma porcentagem do potencial máximo que é especificado pelo usuário.

As métricas de homogeneidade indicam o quanto homogênea é a distribuição dos fragmentos.

Para Fragmentos:

Para Classes:

Para Paisagens:

- **SHDI – índice de diversidade de Shannon**
 - Soma, entre todas as classes, da abundância proporcional de cada classe multiplicada por aquela proporção (abundância da proporção vezes o logaritmo natural da proporção), multiplicado por -1 .
- **SIDI – índice de diversidade de Simpson**
 - 1 menos a soma, entre todas as classes, da abundância proporcional de cada classe ao quadrado.
- **MSIDI – índice de diversidade de Simpson modificado**
 - Logaritmo natural do inverso de 1 menos SIDI.
- **PR – riqueza de fragmentos**
 - Número de classes presentes no limite da paisagem (este valor é fornecido como parâmetro).
- **PRD – densidade de riqueza de fragmentos**
 - Número de classes numa área de 100 hectares.

- **RPR – riqueza de fragmentos relativa**
 - Percentual de classes presentes no limite delimitado da paisagem dividido pelo número potencial de classes (máximo possível).
- **SHEI – índice de uniformidade de Shannon**
 - SHDI observado dividido pelo valor máximo possível do valor de SHDI (i.e., logaritmo natural de m, onde m é o número de classes).
- **SIEI – índice de uniformidade de Simpson**
 - SIDI observado dividido pelo valor máximo possível do valor de SIDI (i.e., $1 - 1/m$).
- **MSIEI – índice de uniformidade de Simpson modificado**
 - MSIDI observado dividido pelo valor máximo possível do valor de MSIDI (i.e., logaritmo natural de m, onde m é o número de classes).

3 OS PARÂMETROS

3.1 SEQÜÊNCIA DOS PARÂMETROS SOLICITADOS

Na execução do *Fragstats* em linha de comando (versão DOS) temos a seqüência:

- Nome do arquivo de imagem;
- Nome a ser utilizado na saída;
- Tamanho do pixel da imagem (tem que ser quadrado) em metros; este valor irá definir o tamanho da grade quadrangular regular que se estará assumindo para a imagem para todos os cálculos realizados;
- Distância da borda dos fragmentos em metros, para determinar as áreas *core* (de centro), que são os habitats internos aos fragmentos, e para prever os chamados *efeitos de borda*; deve-se ter muito bem conhecido este valor; uma limitação deste programa assume que para todos os tipos de fragmentos (classes) tem-se um único valor de distância para o cálculo do efeito de borda; este valor é absolutamente dependente dos organismos e dos processos ecológicos; a área de uma região interior de um fragmento é a área que permanece após a retirada de uma máscara com esta distância da borda do mesmo fragmento;
- Formato do arquivo de entrada:
 1. “SVF”;
 2. “Formato ASCII”;
 3. “Binário de 8 bits”;
 4. “Binário de 16 bits”;
 5. “Formato do ERDAS”;
 6. “Formato do IDRISI”.
- Caracterizar margem, limite e fundo, definindo o código do fundo:
 1. Pode-se definir uma margem (“*border*”) de interesse, contida dentro de um limite (“*boundary*”) maior de paisagem, onde este ainda pode não englobar toda a imagem (caracterizada pela existência de fragmentos de fundo – ou “*background*” – existentes em qualquer parte da imagem e caracterizados por um código de fragmento específico – mas usualmente negativo);

2. definindo-se (ou não) o fundo, define-se automaticamente o limite da paisagem;
3. a margem interna a esse limite, e que delimita a região de interesse, será utilizada para a extração de informações de adjacência dos fragmentos, e deve ser caracterizada por ter os códigos dos fragmentos externos invertidos (negativos) mas correspondentes aos originais.;
4. somente serão utilizados os fragmentos externos ao limite nos cálculos de contraste de bordas, intercalação e contágio.
5. O valor *default* é “NONE” (i.e., nenhum fundo);
 - Número máximo de classes; é o valor do número máximo de classes que podem estar presentes (ainda que na imagem em si não estejam) e é necessário para determinar a *riqueza relativa de fragmentos* (PR);
 - Nome do arquivo contendo os pesos de cada classe; cada registro neste arquivo deve conter duas classes e a magnitude do contraste de bordas entre ambos (valor entre zero e um); os pesos de contraste das bordas são usados para calcular diversos índices de contraste entre bordas; são, deste modo, seqüências de três números, os dois primeiros representando uma combinação entre classes (inteiros) e o terceiro é o valor entre zero e um do valor de contraste entre elas; o *default* é “NONE”;
 - Nome do arquivo de identificação da imagem a ser gerado ou a ser lido, de modo que cada fragmento tenha um código identificador único, que permita associar os valores aos fragmentos; este arquivo é uma imagem;
 - Nome do arquivo no formato ASCII de descrição das classes, em que o número da classe é seguido do texto descritor correspondente;
 - Qual a proporção de bordas de limite e de fundo (“*boundary*” e “*background*”) que deverão ser contados como bordas, nas métricas de bordas e de contraste entre fragmentos e limite ou fundo;
 - Se a vizinhança diagonal será considerada nas medidas de proximidade; {y/n} [YES]
 - Qual o raio de busca para o cálculo de proximidade;
 - Fazer os cálculos de vizinho mais próximo? {y/n} [YES]
 - Apresentar os relatórios correspondentes aos fragmentos? {y/n} [YES]
 - Apresentar os relatórios correspondentes às classes? {y/n} [YES]

3.2 COMO OBTER VALORES DE PARÂMETROS

A quantidade de vegetação de borda da floresta (i.e., a zona de transição entre não-floresta e floresta interior em torno do perímetro) é freqüentemente usada para estimar a riqueza de espécies. Condições de interior da floresta quase sempre são exigidas por muitas plantas e animais. Embora não haja definições de um padrão para o interior funcional de florestas, como isto é um valor específico de cada espécie, algumas regras gerais têm sido aceitas e adotadas na literatura biológica da conservação: [7]

1. Habitats de interior de florestas (i.e., área interna – área central “core”) podem ser definidas de 30m a 60m para espécies de plantas (limiar de flora);
2. Habitats de interior de interior de florestas podem ser definidas de 60m a 600m para animais (limiar de fauna).

A área de florestas interiores permanecem após a zona de borda (100 m para esta análise) fica removida. Os índices de borda são valiosos como marcas índices (“*bench marks*”) para comparações de séries temporais. [7]

Esses e outros parâmetros, devem ser estudados junto ao fenômeno em questão. Para a utilização adequada deve-se ter em mão os valores que produzam significado prático, lembrando que uma variação nos parâmetros pode alterar todos os valores apresentados pelas métricas.

4 APLICAÇÕES

4.1 O QUE PRECISA SER REPRESENTADO

Para caracterizar as diferentes paisagens, a expectativa no uso das métricas é que proporcionem valores quantitativos numéricos que representem em si uma grandeza absoluta, ou que sejam parâmetro de comparação para grandezas relativas, e portanto, a maior parte dos valores obtidos é mais adequado para um uso comparativo, ainda que possa ser interpretado de maneira absoluta.

A quantização da fragmentação por softwares como *Fragstats* depende sobremaneira do número de *classes* de floresta existente (ou definido na classificação preparatória) e do tamanho do pixel mínimo. Estes dois fatores irão afetar os resultados do nível de fragmentação. Deste modo é crítica a necessidade de se ter consistência no modo como os dados estão estruturados, para poder, assim, comparar os resultados obtidos. [1]

O *Fragstats* permite que ecologistas e pesquisadores de recursos naturais quantifiquem a estrutura da paisagem e os padrões espaciais. Por meio de técnicas analíticas de SIG, calcula índices espaciais estatísticos capazes de descrever o nível de uniformidade ou fragmentação dos fragmentos da paisagem, análise esta que é muito importante para a biodiversidade e os habitats de vida selvagem e vem pouco a pouco se tornando fundamental para estudiosos de florestas, de forma que estes podem quantificar o efeito devastador que pode estar havendo em uma área que tenha vida selvagem. [2]

4.2 SELEÇÃO DE MÉTRICAS

“Foi preciso criar uma interface para o *Fragstats* (rodando junto com o software *Spans*) personalizada para um cliente, que analisou o programa e determinou que iria precisar escolher quais métricas gerar. A interface precisaria produzir um raster de saída, mas apenas a opção *avançada* permitiria ao usuário especificar quais das nove métricas da paisagem ele gostaria de gerar. As nove métricas selecionadas são:” [5]

1. Percentagem da paisagem para cada classe;
2. Tamanho médio dos fragmentos;
3. Coeficiente de variação do tamanho dos fragmentos (%);
4. Índice de área “*Core*” (%);
5. Percentual de áreas “*Core*” da paisagem;

6. Distância média de vizinho mais próximo;
7. Desvio padrão do vizinho mais próximo;
8. Índice de diversidade de Shannon;
9. Índice de contágio (%).

Em [7] é feito um exame em três categorias de medidas:

1. Composição, que examina um conjunto descritivo de elementos da paisagem, sua frequência, área e distribuição na paisagem;
2. Configuração, que considera o posicionamento espacial dos elementos da paisagem e suas respectivas formas;
3. Conectividade, que surge da interação das outras duas categorias e realiza uma avaliação genérica levando em conta a facilidade de locomoção com que um organismo pode ter em torno dos elementos da paisagem.

4.3 DEPENDÊNCIA DAS MÉTRICAS

Se analisarmos as métricas do ponto de vista da dependência entre elas, teremos uma redução significativa no número de métricas. Considerando apenas um subconjunto razoavelmente independente de métricas, podemos ter uma relação de métricas que caracterizem a paisagem.

Abaixo temos as siglas (cujos detalhes foram apresentados anteriormente) de um mínimo de métricas que pode ser considerado representativo, divididas nos três grupos básicos. É apenas uma das inúmeras alternativas, que será utilizada para analisarmos o exemplos.

- a) Fragmentos:
 - Área: AREA
 - Borda: PERIM
 - Forma: SHAPE
 - Área Central: CORE
 - Vizinho mais próximo: NEAR e PROXIM
- b) Classes:
 - Área: LPI
 - Fragmento: MPS
 - Borda: TE
 - Forma: AWMSI
 - Área Central: C%LAND
 - Vizinho mais próximo: MNN e NNSD
 - Intercalação: IJI

- c) Paisagens:
- Área: LPI
 - Fragmento: MPS
 - Borda: TE
 - Forma: AWMSI
 - Área Central: CACV1 e TCAI
 - Vizinho mais próximo: MNN e NNSD
 - Intercalação: IJI e CONTAG

5 ESTUDO DE CASOS

"Na avaliação em média escala do interior da bacia do rio Colúmbia, as mudanças na floresta e nos alcances dos padrões de vegetação e vulnerabilidade da floresta ao fogo, insetos e distúrbios patogênicos foram quantificados, nos últimos 40 a 60 anos. As mudanças foram quantificadas para uma amostra de 337 sub-quebras-d'água selecionadas de 43 das 164 sub-bacias totais. Os resultados da mudança foram relatados no *Ecological Reporting Units* (ERUs). Mapas históricos e atuais da vegetação foram continuamente construídos a partir de coberturas de fotografias aéreas das sub-quebras-d'água da amostra. Os mapas foram modelados e aos tipos de coberturas, classes estruturais e tipos de vegetação potencial por níveis, foram atribuídos porções individuais do terreno. As mudanças nos padrões espaciais da vegetação foram avaliadas num sistema de informações geográficas (SIG), utilizando-se o ARC INFO e *Fragstats*". [8]

Para auxiliar na avaliação da validade do uso do *Fragstats*, apresentam-se alguns exemplos simples e como as métricas podem ajudar a diferenciá-los.

Três exemplos didáticos foram criados (ver Apêndice 2). Nos três casos, usou-se formas simples e retas, que, devido às características de imagens matriciais (i.e., *raster*) são as formas mais simples (nos cálculos matriciais, o *Fragstats* utiliza as bordas das grades da imagem – linhas e colunas – para calcular os perímetros). Um círculo tem perímetro igual a $4R$ desta forma.

5.1 TRABALHANDO COM OS EXEMPLOS

Para fragmentos de mesma forma, podemos ainda ter diversas conformações espaciais. As imagens geradas têm formas retas e apresentam diversos quadrados (o que pode ser verificado pelo índice de forma do relatório dos fragmentos – SHAPE).

Os exemplos encontram-se no Apêndice. Sobre os exemplos, pode-se descrevê-los:

- a) Paisagem com distância da ordem de 1 metro; isso faz com que as medidas cujas unidades sejam hectares sejam aproximadas a zero;
- b) Primeira imagem: quatro fragmentos de uma classe, de mesma forma e tamanho; outro fragmento matriz que delimita a paisagem;

- c) Segunda imagem: diversos fragmentos dispostos aleatoriamente no terreno, quadrados, com um fragmento de outro tipo separando todos os demais fragmentos;
- d) Terceira imagem: parecida com a segunda, mas os fragmentos são ligeiramente maiores e o tipo de fragmento que separava os fragmentos foi retirado.

Espera-se que os resultados descrevam estas situações.

5.2 MÉTRICAS UTILIZADAS

As métricas que deverão apresentar maiores diferenças:

- a) Métricas de vizinho mais próximo;
- b) Métricas de contágio e intercalação

5.3 MÉTRICAS NÃO UTILIZADAS

As métricas que dariam o mesmo resultado para todos os casos (não consideram a disposição dos fragmentos diferenciam os quatro casos):

- a) Métricas de área;
- b) Métricas de fragmentos;
- c) Métricas de bordas;
- d) Métricas de forma;
- e) Métricas de área central;
- f) Métricas de diversidade.

5.4 RESULTADO

Para os fragmentos:

- observa-se que AREA em hectares foi aproximada a zero (conforme explicado anteriormente).
- O PERIM do exemplo 1 para os quatro fragmentos (quadrados) é aproximadamente igual, e a diferença de um deles é devido à rotação que provocou uma diferença devido às imprecisões das operações matemáticas necessárias; o fragmento matriz apresentou um PERIM de 6.4, o que era esperado, pois seria o perímetro da paisagem (4m) mais os perímetros dos quatro fragmentos (2.4m) totalizando os 6.4m. Nos demais exemplos o resultado foi coerente com este mecanismo.

- SHAPE para os quadrados foi 1 ou aproximadamente (1.001) o que se deveu ao processo de geração da imagem e cálculos matriciais imprecisos.
- CORE não deu resultado, devido ao mesmo que ocorreu com AREA.
- NEAR proporcionou (primeiro exemplo) valores iguais para os quadrados próximos dois a dois, o que era esperado.
- PROXIM foi interessante, pois obtivemos a informação da disposição geométrica que permitiu que soubéssemos qual era o fragmento número 1 e qual era o 2, uma vez que o fragmento 3 tem valor de PERIM diferenciado. O quadrado mais distante é o que tem menor PROXIM.

Para as classes e paisagem:

- A classe dos quadrados teve LPI muitíssimo menor que o da classe de fundo. Nos demais houve decrescente variação. Era esperado.
- MPS foi zero.
- No exemplo 1 só haviam 2 classes, e TE foi exatamente igual. Nos demais casos pode-se verificar os valores de comprimento de bordas por classe e total.
- Houve uma aproximação de AWMSI para ambas as classes da paisagem, e a paisagem teve AWMSI próxima do fragmento maior, como era previsto.
- O valor de borda não corresponde ao terreno de 1m por 1m, portanto o índice considera todos os fragmentos como área central. O valor C%LAND indica o valor de área ocupada pelo tipo dos quadrados (exemplo 1).
- O tipo de fundo (ex 1) não teve essa métrica calculada, pois só possui um fragmento correspondente. A paisagem teve o mesmo valor da classe dos quadrados.(MNN)
- O desvio padrão de NNSD da paisagem foi igual ao da classe dos quadrados e foi baixo porque os quatro quadrados estão com pequena variação de distância se considerarmos os dois pares de quadrados entre si.
- IJI não se aplica ao exemplo 1 pois não há intercalação de nenhuma classe. Nos exemplos seguintes, há diferença nos valores de IJI para os quadrados (2 e 3) e valor nulo (IJI=0) para a classe de fundo do exemplo 2, pois não há intercalação. Isto fez com que o valor de IJI da paisagem de 2 fosse 55% enquanto o IJI da paisagem 3 fosse 97%. É um bom indicativo de vizinhança e homogeneidade, já que sabemos o funcionamento dos processos ecológicos e a importância desta configuração.
- CONTAG foi 77% em 1, 48% em 2 e 46% em 3, o que indica que em 1 é mais fácil prever a vizinhança, enquanto em 2 e 3 é menos fácil, e também há menos homogeneidade em 2 e 3 que em 1.

6 CONCLUSÃO

6.1 LIMITAÇÕES

“Embora tenha-se tentado quantificar as principais feições de uma rede hidrográfica, integrada aos processos de decisão de gerenciamento da terra, e capaz de contribuir para manter ou aumentar a quantidade de água e a qualidade do habitat, e para isto, foi digitalizada uma rede hidrográfica em um SIG (como o ARC/INFO) e realizada a análise com o *Fragstats*, e analisando-se os índices aplicados a:

1. paisagem;
2. classe,

mas concluiu-se que os índices calculados eram insuficientes para caracterizar totalmente uma paisagem de rede hidrográfica. Os índices de rede foram implementados e analisados. Fez-se uma rápida avaliação da qualidade da água para uma área de estudo, e o banco de dados obtido, cruzado com a informação da paisagem.” [4]

É muito poderoso em toda a sua complexidade e com enorme potencial de uso incorreto. Tem um manual bastante detalhado em PDF ou PostScript. [6]

“A implementação de uma interface personalizada simples tem permitido que gerentes de recursos naturais e cientistas pudessem convenientemente analisar as conseqüências do desenvolvimento numa paisagem ecológica. Existe um vazio entre a capacidade de análise e facilidade de uso.” [5]

“A versão vetorial é implementada na linguagem de macro AML do ARC/INFO, o que torna a operação muito lenta.” [6]

Devido às suas características métricas, muitos fenômenos não podem ser registrados pelo *Fragstats*. Como exemplo disto, tomemos como exemplo a altimetria da região. Poder-se-ia até mesmo criar novas classes a partir das antigas, baseando-se nas propriedades plani-altimétricas e gerando inúmeras outras classes em função de altitude e/ou declividade. Mas não seria uma boa solução para o problema, uma vez que há outras implicações da altimetria, como, por exemplo, a direção de vento devida ao relevo. A direção do vento é um fator absolutamente importante e não é levado em conta. Veja-se a figura a seguir. A diferença de posição dos fragmentos em função da direção do vento *leste*. Este é um exemplo de limitação dentre inúmeros outros ligados às propriedades ecologicamente analisáveis da paisagem.

Figura 2: A direção do vento é um atributos que o Fragstats não analisa.

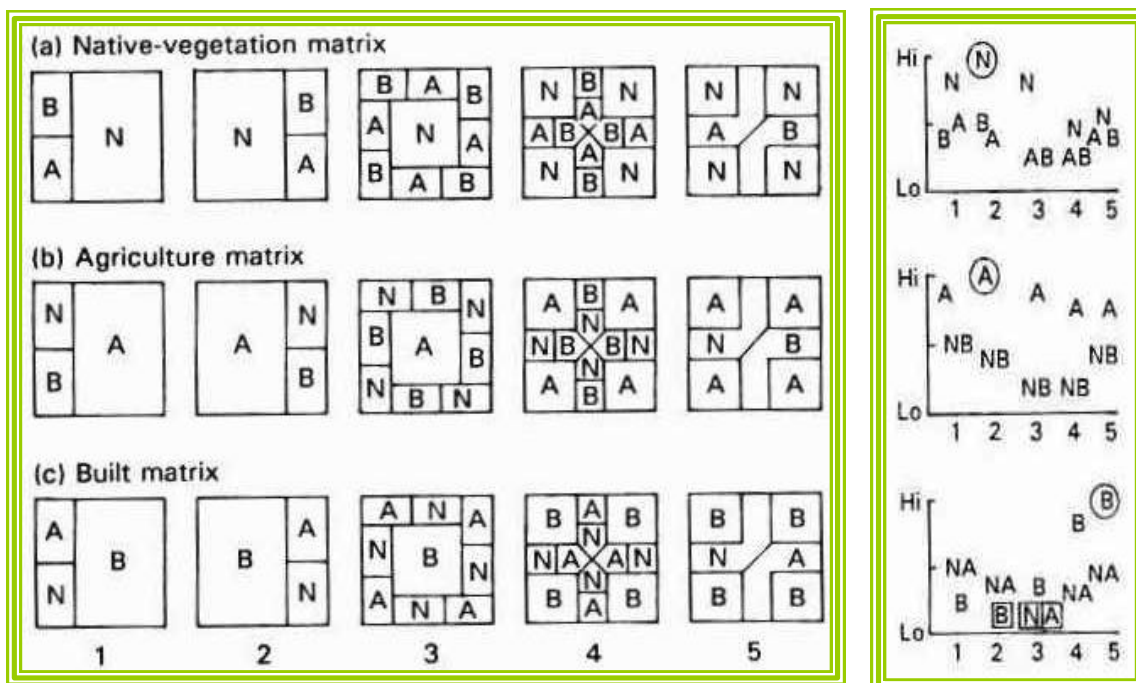


Figura 2: Comparação de arranjos espaciais de três tipos de paisagem, vegetação nativa (N), agricultura (A) e área construída (B). Cada quadrado é uma região composta de 3 a 12 paisagens. O gráfico ao lado é a representação de cada um dos 5 casos, para os três arranjos. O eixo vertical é uma medida total de adequabilidade (baixa ou alta) para a manutenção dos ecossistemas naturais, produtividade agrícola, e comunidade humana construída, respectivamente. Os melhores e piores casos para cada um dos três tipos está representado por um círculo e um quadrado (respectivamente) para todos os casos (15 regiões). São condições do problema acima:

1. as variáveis-chaves examinadas são sensíveis às escalas de suas paisagens;
2. o vento sopra do oeste;
3. a vegetação nativa produz o ar mais puro;
4. para as áreas construídas, somente as grandes paisagens produzem poluição de ar;
5. para a vegetação nativa, a fragmentação em pequenos fragmentos é devastadora.

6.2 VANTAGENS

“O imageamento por satélite é muito útil como fonte de dados e como visualizador com grande campo de visada. A imagem da paisagem gerada precisa ser processada com softwares para uma análise da paisagem detalhada.” [7] Este é o papel principal do *Fragstats*.

O *Fragstats* pode ser utilizado para análises multitemporais. Fazendo-se uma classificação nas imagens (se for o caso) pode-se verificar a tendência da modificação, ainda que seja difícil de analisar visualmente. Para este tipo de aplicação tem-se grande vantagem, pois a análise é comparativa, o que, foi bastante reforçado pelos criadores e estudiosos deste programa.

Pode ser utilizado, matematicamente, para analisar a classificação realizada sobre uma imagem. As formas geradas, as diversidades e a uniformidade da área produzida fica bastante caracterizado nos resultados.

Nos três exemplos, vimos que é possível fazer uma análise espacial da paisagem por meio dos índices de paisagem disponíveis no *Fragstats* embora seja difícil utilizá-los sem conhecimento dos detalhes ecológicos. É, portanto uma ferramenta para ecólogos.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Título: "Algebraic Specification of Universal Elementary GIS Operations"
Jochen Albrecht
Fonte: Internet: <<http://pollux.geog.ucsb.edu/~jochen/diss/CHAP5.html>>

[2] Título: "Quantifying Landscape Fragmentation"
Autor: Andrew Promaine
Fonte: Internet: <<http://flash.lakeheadu.ca/~apromain/pukfrag.html>>

[3] Título: "The GIS Primer: Na Introduction to Geographic Information Systems"
Fonte: Internet: <<http://blaze.innovativegis.com/education/primer/forestry.html>>
Título: "ORES - Geography & GIS"
Compiled by Bill Thoen - Data Sets and Software
<<http://www.sni.net/gis/ores/gis/data.html>> Last revised: 19-Mar-95

[4] Título: "Characterization of river Tornada (Portugal) catchment area landscape - management implications."
Inacio, Ana C. *, Helena Farrall, and M. Rosa Paiva.
Fonte: Internet: <<http://www.fw.msu.edu/iale98/abstract-i-m.html>>

[5] Título: "PCI User News - December '97"
Fonte: Internet: <<http://www.pci.on.ca/announce-archive/msg00025.html>>

[5] Título: "O FRAGSTATS*ARC"
Autores: Kevin McGarigal & Barbara J. MARKS

[6] Título: "FRAGSTATS - Spatial Analysis Software"
Fonte: Internet: <<http://wgs.nhb.com/sorrell/methods.htm/>>

[7] Título: Dinâmicas de Paisagem de Média-Escala
Autores: Paul Hessburg and Brad Smith Data: 3 de março de 1997.
Fonte: Internet: <<http://www.icbemp.gov/science/abstrct.htm>>

[8] Título: "FRAGSTATS - Análise de Estrutura e Padrão Espacial da Paisagem para ARC/INFO: Sobre Ecologia da Paisagem - Revisão de Princípios".
Autor: Dr. Kevin McGarigal
Fonte: Internet:
<<http://blaze.innovativegis.com/products/FRAGSTATSarc/aboutlc.htm>>

[9] McGarigal, K., Marks, B. J. **FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program For Quantifying Landscape Structure Version.2.0** Mar 1994.

[10] Jorge, L. A. B. **Estudo de Fragmentos de Florestas Naturais na Região de Botucatu-SP Através de Técnicas de Geoprocessamento.** Tese de Doutorado, Rio Claro - SP: Universidade Estadual Paulista, 1995.

[11] Forman, R. T. T. **Land Mosaics: the ecology of landscapes and regions.** London: Cambridge University Press, 1995.

[12] Turner, M. G., Gardner, R. H. **Quantitative Methods in Landscape Ecology: the analysis and interpretation of landscape heterogeneity.** New York: Springer-Verlag, 1991.

APÊNDICE 1

PARÂMETROS DO *FRAGSTATS* / DOS

FRAGSTATS 2.0

Programa para calcular índices de fragmentação de paisagem

Uso:

```
Fragstats in_image out_file cellsize edge_dist data_type [rows]  
[cols] [background] [max_classes] [wt_file] [id_image] [desc_file]  
[bound_wght] [diags] [prox_dist] [nndist] [patch_stats] [class_stats]
```

in_image: nome do arquivo-imagem de entrada {char}

out_file: nome-base para arquivos de saída {char}

cellsize: dimensão das células em metros na *in_image* {float}

edge_dist: distância (m) das bordas para o cálculo de área central {float}

data_type: tipo do arquivo-imagem de entrada {int}:

1 – SVF

2 - ascii

3 - 8 bit binary

4 - 16 bit binary

5 - ERDAS

6 - IDRISI

rows: opcional; #linhas na imagem; requiredo se *data_type* 2,3,4 {int}

cols: opcional; #cols na imagem; requiredo se *data_type* 2,3,4 {int}

background: opcional; valor das células de fundo (positive) {int} [NONE]

max_classes: opcional; max classes possíveis na paisagem {int} [NONE]

wt_file: opcional; nome do arquivo contendo os pesos para cada combinação de tipo de fragmento {char} [NONE]

id_image: opcional; método para discriminar IDs para os fragmentos:

1 – cria e gera imagem ID de saída

2 – não gera uma imagem ID de saída [default]

- nome da imagem ID; *data_type* tem que ser o mesmo que em *in_image*

desc_file: opcional; nome do arquivo contendo os descritores textuais para cada tipo de fragmento {char} [NONE]

bound_wght: opcional; proporção entre o fundo e o limite da paisagem das bordas das classes que serão consideradas bordas {float} [0.0]

diags: opcional; usar diagonais na busca de fragmentos {y/n} [YES]

prox_dist: opcional; raio (m) de busca para proximidade {float} [NONE]

nndist: opcional; calcula vizinho mais próximo {y/n} [YES]

patch_stats: opcional; apresenta estatísticas de fragmentos {y/n} [YES]

class_stats: opcional; apresenta estatísticas de classe {y/n} [YES]

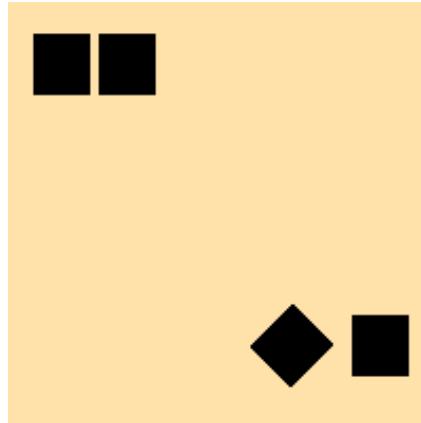
O símbolo “\$” deve ser usado para indicar parâmetros opcionais suprimidos.

APÊNDICE 2

RESULTADOS OBTIDOS NO ITEM 5 (EXEMPLO 1)

```

Date: Wed Oct 28 11:38:15 1998
Image Name: trabal
Basename For Output Files: sai
Rows: 200 Cols: 200 Cellsize: 0.0 Data Type: 6
Edge Dist: 300.0 Max Patch Type Possible: NA Background: 999
No ID Image Will Be Output
Descriptor File:
Image Does Not Include a Landscape Border
Proportion of Boundary/Background to Count as Edge: 0.00
Diagonals Used; Proximity Dist (m): 1000.0
Nearest Neighbor Calcs
Write Patch Indices; Write Class Indices
    
```



PATCH INDICES

Patch ID:	1	Patch Type:	NULL
Area (ha):	0.000	Landscape Similarity (%):	7.870
Perimeter (m):	0.560	Edge Contrast (%):	NA
Shape Index:	1.001	Fractal Dimension:	1.000
Core Area (ha):	0.000	Num Core Areas:	1
Core Area Index (%):	100.000	Near Neigh Dist (m):	0.020
Proximity Index:	49.010		
Patch ID:	2	Patch Type:	NULL
Area (ha):	0.000	Landscape Similarity (%):	7.870
Perimeter (m):	0.560	Edge Contrast (%):	NA
Shape Index:	1.001	Fractal Dimension:	1.000
Core Area (ha):	0.000	Num Core Areas:	1
Core Area Index (%):	100.000	Near Neigh Dist (m):	0.020
Proximity Index:	49.035		
Patch ID:	3	Patch Type:	NULL
Area (ha):	0.000	Landscape Similarity (%):	7.870
Perimeter (m):	0.780	Edge Contrast (%):	NA
Shape Index:	1.380	Fractal Dimension:	0.835
Core Area (ha):	0.000	Num Core Areas:	1

Core Area Index (%):	100.000	Near Neigh Dist (m):	0.045
Proximity Index:	9.765		

Patch ID:	4	Patch Type:	NULL
Area (ha):	0.000	Landscape Similarity (%):	7.870
Perimeter (m):	0.560	Edge Contrast (%):	NA
Shape Index:	1.001	Fractal Dimension:	1.000
Core Area (ha):	0.000	Num Core Areas:	1
Core Area Index (%):	100.000	Near Neigh Dist (m):	0.045
Proximity Index:	9.934		

CLASS INDICES

Patch Type:	NULL	Class Area (ha):	0.000
Total Area (ha):	0.000	Percent of Landscape (%):	7.870
Largest Patch Index (%):	1.998	Number Patches:	4
Patch Density (#/100 ha):	4000000.000	Mean Patch Size (ha):	0.000
Patch Size SD (ha):	0.000	Patch Size CV (%):	0.880
Total Edge (m):	2.460	Edge Den (m/ha):	24600.000
Con-Wght Edge Den (m/ha):	NA	Total Edge Contrast (%):	NA
Mean Edge Contrast (%):	NA	Area-Wt Mean Edge Con(%):	NA
Landscape Shape Index:	1.615	Mean Shape Index:	1.095
Area-Weighted Mean Shape:	1.097	Double Log Fractal:	32.762
Mean Patch Fractal:	0.959	Area-Weighted Mean Fractal:	0.958
Core % of Landscape (%):	7.870	Total Core Area (ha):	0.000
Number Core Areas:	4	Core Area Den (#/100 ha):	4000000.000
Mean Core Area 1 (ha):	0.000	Core Area SD 1 (ha):	0.000
Core Area CV 1 (%):	0.880	Mean Core Area 2 (ha):	0.000
Core Area SD 2 (ha):	0.000	Core Area CV 2 (%):	0.880
Total Core Area Index (%):	100.000	Mean Core Area Index (%):	100.000
Mean NearNeigh Dist (m):	0.032	Nearest Neighbor SD (m):	0.012
Nearest Neighbor CV (%):	38.462	Mean Prox Index:	29.436
Intersper/Juxtapos (%):	NA		

PATCH INDICES

Patch ID:	5	Patch Type:	NULL
Area (ha):	0.000	Landscape Similarity (%):	92.130
Perimeter (m):	6.460	Edge Contrast (%):	NA
Shape Index:	1.683	Fractal Dimension:	-11.695
Core Area (ha):	0.000	Num Core Areas:	1
Core Area Index (%):	100.000	Near Neigh Dist (m):	NONE
Proximity Index:	0.000		

CLASS INDICES

Patch Type:	NULL	Class Area (ha):	0.000
Total Area (ha):	0.000	Percent of Landscape (%):	92.130
Largest Patch Index (%):	92.130	Number Patches:	1
Patch Density (#/100 ha):	1000000.000	Mean Patch Size (ha):	0.000
Patch Size SD (ha):	0.000	Patch Size CV (%):	0.000
Total Edge (m):	2.460	Edge Den (m/ha):	24600.000
Con-Wght Edge Den (m/ha):	NA	Total Edge Contrast (%):	NA
Mean Edge Contrast (%):	NA	Area-Wt Mean Edge Con(%):	NA
Landscape Shape Index:	1.615	Mean Shape Index:	1.683
Area-Weighted Mean Shape:	1.683	Double Log Fractal Index:	NA
Mean Patch Fractal:	-11.695	Area-Weighted Mean Fractal:	-11.695
Core % of Landscape (%):	92.130	Total Core Area (ha):	0.000
Number Core Areas:	1	Core Area Den (#/100 ha):	1000000.000
Mean Core Area 1 (ha):	0.000	Core Area SD 1 (ha):	0.000

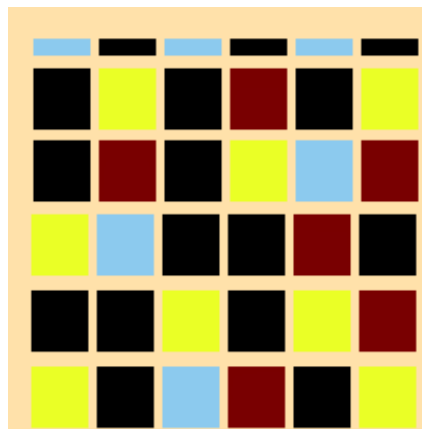
Core Area CV 1 (%):	0.000	Mean Core Area 2 (ha):	0.000
Core Area SD 2 (ha):	0.000	Core Area CV 2 (%):	0.000
Total Core Area Index (%):	100.000	Mean Core Area Index (%):	100.000
Mean NearNeigh Dist(m):	NONE	Near Neighbor SD (m):	NA
Nearest Neighbor CV (%):	NA	Mean Prox Index:	0.000
Intersper/Juxtapos (%):	NA		

LANDSCAPE INDICES

Total Area (ha):	0.000
Largest Patch Index(%):	92.130
Number of patches:	5
Patch Density (#/100 ha):	5000000.000
Mean Patch Size (ha):	0.000
Patch Size Standard Dev (ha):	0.000
Patch Size Coeff of Variation (%):	180.325
Total Edge (m):	2.460
Edge Density (m/ha):	24600.002
Contrast-Weight Edge Density (m/ha):	NA
Total Edge Contrast Index (%):	NA
Mean Edge Contrast Index (%):	NA
Area-Weighted Mean Edge Contrast (%):	NA
Landscape Shape Index:	1.615
Mean Shape Index:	1.213
Area-Weighted Mean Shape Index:	1.636
Double Log Fractal Dimension:	1.250
Mean Patch Fractal Dimension:	-1.572
Area-Weighted Mean Fractal Dimension:	-10.700
Total Core Area (ha):	0.000
Number of Core Areas:	5
Core Area Density (#/100 ha):	5000000.000
Mean Core Area 1 (ha):	0.000
Core Area Standard Dev 1 (ha):	0.000
Core Area Coeff of Variation 1 (%):	180.325
Mean Core Area 2 (ha):	0.000
Core Area Standard Dev 2 (ha):	0.000
Core Area Coeff of Variation 2 (%):	180.325
Total Core Area Index (%):	100.000
Mean Core Area Index (%):	100.000
Mean Nearest Neighbor (m):	0.032
Nearest Neighbor Standard Dev (m):	0.012
Nearest Neigh Coeff of Variation (%):	38.462
Mean Proximity Index:	23.549
Shannon's Diversity Index:	0.276
Simpson's Diversity Index:	0.145
Modified Simpson's Diversity Index:	0.157
Patch Richness:	2
Patch Richness Density (#/100 ha):	2000000.089
Relative Patch Richness (%):	NA
Shannon's Evenness Index:	0.398
Simpson's Evenness Index:	0.290
Modified Simpson's Evenness Index:	0.226
Interspersion/Juxtaposition Index:	NA
Contagion (%):	77.691

RESULTADOS OBTIDOS NO ITEM 5 (EXEMPLO 2)

Date: Wed Oct 28 15:51:15 1998
 Image Name: trabcor
 Basename For Output Files: tcsai
 Rows: 200 Cols: 200 Cellsize: 0.0 Data Type: 6
 Edge Dist: 300.0 Max Patch Type Possible: NA Background: 999
 No ID Image Will Be Output
 Descriptor File:
 Image Does Not Include a Landscape Border
 Proportion of Boundary/Background to Count as Edge: 0.00
 Diagonals Used; Proximity Dist (m): 1000.0
 Nearest Neighbor Calcs
 Write Patch Indices; Write Class Indices



PATCH INDICES

Patch ID:	16	Patch Type:	QUADRADO
Area (ha):	0.000	Landscape Similarity (%):	27.067
Perimeter (m):	0.560	Edge Contrast (%):	NA
Shape Index:	1.001	Fractal Dimension:	1.000
Core Area (ha):	0.000	Num Core Areas:	1
Core Area Index (%):	100.000	Near Neigh Dist (m):	0.040
Proximity Index:	13.924		

CLASS INDICES

Patch Type:	NULL	Class Area (ha):	0.000
Total Area (ha):	0.000	Percent of Landscape (%):	27.067
Largest Patch Index (%):	1.957	Number Patches:	16
Patch Density (#/100 ha):	16000000.000	Mean Patch Size (ha):	0.000
Patch Size SD (ha):	0.000	Patch Size CV (%):	32.704
Total Edge (m):	8.330	Edge Den (m/ha):	83300.000
Con-Wght Edge Den (m/ha):	NA	Total Edge Contrast (%):	NA
Mean Edge Contrast (%):	NA	Area-Wt Mean Edge Con(%):	NA
Landscape Shape Index:	3.082	Mean Shape Index:	1.036
Area-Weighted Mean Shape:	1.012	Double Log Fractal:	0.730
Mean Patch Fractal:	0.987	Area-Weighted Mean Fractal:	0.996
Core % of Landscape (%):	27.067	Total Core Area (ha):	0.000
Number Core Areas:	16	Core Area Den (#/100 ha):	16000000.000

Mean Core Area 1 (ha):	0.000	Core Area SD 1 (ha):	0.000
Core Area CV 1 (%):	32.704	Mean Core Area 2 (ha):	0.000
Core Area SD 2 (ha):	0.000	Core Area CV 2 (%):	32.704
Total Core Area Index (%):	100.000	Mean Core Area Index (%):	100.000
Mean NearNeigh Dist (m):	0.038	Nearest Neighbor SD (m):	0.036
Nearest Neighbor CV (%):	94.597	Mean Prox Index:	43.651
Intersper/Juxtapos (%):	0.000		

PATCH INDICES

Patch ID:	17	Patch Type:	MATRIZ
Area (ha):	0.000	Landscape Similarity (%):	38.035
Perimeter (m):	22.900	Edge Contrast (%):	NA
Shape Index:	9.283	Fractal Dimension:	-3.610
Core Area (ha):	0.000	Num Core Areas:	1
Core Area Index (%):	100.000	Near Neigh Dist (m):	NONE
Proximity Index:	0.000		

CLASS INDICES

Patch Type:	NULL	Class Area (ha):	0.000
Total Area (ha):	0.000	Percent of Landscape (%):	38.035
Largest Patch Index (%):	38.035	Number Patches:	1
Patch Density (#/100 ha):	1000000.000	Mean Patch Size (ha):	0.000
Patch Size SD (ha):	0.000	Patch Size CV (%):	0.000
Total Edge (m):	18.900	Edge Den (m/ha):	189000.001
Con-Wght Edge Den (m/ha):	NA	Total Edge Contrast (%):	NA
Mean Edge Contrast (%):	NA	Area-Wt Mean Edge Con(%):	NA
Landscape Shape Index:	5.725	Mean Shape Index:	9.283
Area-Weighted Mean Shape:	9.283	Double Log Fractal Index:	NA
Mean Patch Fractal:	-3.610	Area-Weighted Mean Fractal:	-3.610
Core % of Landscape (%):	38.035	Total Core Area (ha):	0.000
Number Core Areas:	1	Core Area Den (#/100 ha):	1000000.000
Mean Core Area 1 (ha):	0.000	Core Area SD 1 (ha):	0.000
Core Area CV 1 (%):	0.000	Mean Core Area 2 (ha):	0.000
Core Area SD 2 (ha):	0.000	Core Area CV 2 (%):	0.000
Total Core Area Index (%):	100.000	Mean Core Area Index (%):	100.000
Mean NearNeigh Dist(m):	NONE	Near Neighbor SD (m):	NA
Nearest Neighbor CV (%):	NA	Mean Prox Index:	0.000
Intersper/Juxtapos (%):	92.972		

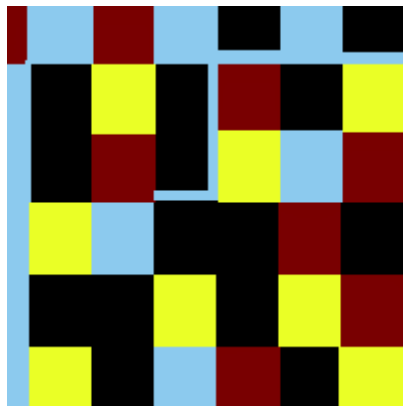
LANDSCAPE INDICES

Total Area (ha):	0.000
Largest Patch Index(%):	38.035
Number of patches:	37
Patch Density (#/100 ha):	37000000.000
Mean Patch Size (ha):	0.000
Patch Size Standard Dev (ha):	0.000
Patch Size Coeff of Variation (%):	218.734
Total Edge (m):	18.900
Edge Density (m/ha):	189000.000
Contrast-Weight Edge Density (m/ha):	NA
Total Edge Contrast Index (%):	NA
Mean Edge Contrast Index (%):	NA
Area-Weighted Mean Edge Contrast (%):	NA
Landscape Shape Index:	5.725
Mean Shape Index:	1.255
Area-Weighted Mean Shape Index:	4.157
Double Log Fractal Dimension:	2.043

Mean Patch Fractal Dimension:	0.864
Area-Weighted Mean Fractal Dimension:	-0.756
Total Core Area (ha):	0.000
Number of Core Areas:	37
Core Area Density (#/100 ha):	37000000.000
Mean Core Area 1 (ha):	0.000
Core Area Standard Dev 1 (ha):	0.000
Core Area Coeff of Variation 1 (%):	218.734
Mean Core Area 2 (ha):	0.000
Core Area Standard Dev 2 (ha):	0.000
Core Area Coeff of Variation 2 (%):	218.734
Total Core Area Index (%):	100.000
Mean Core Area Index (%):	100.000
Mean Nearest Neighbor (m):	0.099
Nearest Neighbor Standard Dev (m):	0.076
Nearest Neigh Coeff of Variation (%):	76.778
Mean Proximity Index:	21.536
Shannon's Diversity Index:	1.457
Simpson's Diversity Index:	0.738
Modified Simpson's Diversity Index:	1.340
Patch Richness:	5
Patch Richness Density (#/100 ha):	5000000.224
Relative Patch Richness (%):	NA
Shannon's Evenness Index:	0.906
Simpson's Evenness Index:	0.923
Modified Simpson's Evenness Index:	0.833
Interspersion/Juxtaposition Index (%):	55.975
Contagion (%):	47.872

RESULTADOS OBTIDOS NO ITEM 5 (EXEMPLO 3)

Date: Wed Oct 28 16:11:35 1998
 Image Name: trabcor2
 Basename For Output Files: tcsai2
 Rows: 200 Cols: 200 Cellsize: 0.0 Data Type: 6
 Edge Dist: 300.0 Max Patch Type Possible: NA Background: 999
 No ID Image Will Be Output
 Descriptor File:
 Image Does Not Include a Landscape Border
 Proportion of Boundary/Background to Count as Edge: 0.00
 Diagonals Used; Proximity Dist (m): 1000.0
 Nearest Neighbor Calcs
 Write Patch Indices; Write Class Indices



PATCH INDICES

Patch ID:	10	Patch Type:	NULL
Area (ha):	0.000	Landscape Similarity (%):	19.297
Perimeter (m):	0.590	Edge Contrast (%):	NA
Shape Index:	1.000	Fractal Dimension:	1.000
Core Area (ha):	0.000	Num Core Areas:	1
Core Area Index (%):	100.000	Near Neigh Dist (m):	0.160
Proximity Index:	2.581		

Patch ID:	14	Patch Type:	NULL
Area (ha):	0.000	Landscape Similarity (%):	19.297
Perimeter (m):	1.370	Edge Contrast (%):	NA
Shape Index:	1.416	Fractal Dimension:	0.755
Core Area (ha):	0.000	Num Core Areas:	1
Core Area Index (%):	100.000	Near Neigh Dist (m):	0.005
Proximity Index:	1157.262		

CLASS INDICES





















Patch Type:	NULL	Class Area (ha):	0.000
Total Area (ha):	0.000	Percent of Landscape (%):	19.297
Largest Patch Index (%):	5.850	Number Patches:	7
Patch Density (#/100 ha):	7000000.000	Mean Patch Size (ha):	0.000
Patch Size SD (ha):	0.000	Patch Size CV (%):	51.740
Total Edge (m):	4.100	Edge Den (m/ha):	41000.000
Con-Wght Edge Den (m/ha):	NA	Total Edge Contrast (%):	NA
Mean Edge Contrast (%):	NA	Area-Wt Mean Edge Con(%):	NA
Landscape Shape Index:	2.025	Mean Shape Index:	1.084

Area-Weighted Mean Shape:	1.134	Double Log Fractal:	1.274
Mean Patch Fractal:	0.955	Area-Weighted Mean Fractal:	0.922
Core % of Landscape (%):	19.297	Total Core Area (ha):	0.000
Number Core Areas:	7	Core Area Den (#/100 ha):	7000000.000
Mean Core Area 1 (ha):	0.000	Core Area SD 1 (ha):	0.000
Core Area CV 1 (%):	51.740	Mean Core Area 2 (ha):	0.000
Core Area SD 2 (ha):	0.000	Core Area CV 2 (%):	51.740
Total Core Area Index (%):	100.000	Mean Core Area Index (%):	100.000
Mean NearNeigh Dist (m):	0.114	Nearest Neighbor SD (m):	0.069
Nearest Neighbor CV (%):	60.580	Mean Prox Index:	501.982
Intersper/Juxtapos (%):	99.382		

LANDSCAPE INDICES

Total Area (ha):	0.000
Largest Patch Index(%):	16.353
Number of patches:	27
Patch Density (#/100 ha):	27000002.000
Mean Patch Size (ha):	0.000
Patch Size Standard Dev (ha):	0.000
Patch Size Coeff of Variation (%):	78.624
Total Edge (m):	10.435
Edge Density (m/ha):	104350.000
Contrast-Weight Edge Density (m/ha):	NA
Total Edge Contrast Index (%):	NA
Mean Edge Contrast Index (%):	NA
Area-Weighted Mean Edge Contrast (%):	NA
Landscape Shape Index:	3.609
Mean Shape Index:	1.175
Area-Weighted Mean Shape Index:	1.361
Double Log Fractal Dimension:	1.867
Mean Patch Fractal Dimension:	0.905
Area-Weighted Mean Fractal Dimension:	0.785
Total Core Area (ha):	0.000
Number of Core Areas:	28
Core Area Density (#/100 ha):	28000002.000
Mean Core Area 1 (ha):	0.000
Core Area Standard Dev 1 (ha):	0.000
Core Area Coeff of Variation 1 (%):	78.624
Mean Core Area 2 (ha):	0.000
Core Area Standard Dev 2 (ha):	0.000
Core Area Coeff of Variation 2 (%):	79.407
Total Core Area Index (%):	100.000
Mean Core Area Index (%):	100.000
Mean Nearest Neighbor (m):	0.104
Nearest Neighbor Standard Dev (m):	0.069
Nearest Neigh Coeff of Variation (%):	66.256
Mean Proximity Index:	566.076
Shannon's Diversity Index:	1.350
Simpson's Diversity Index:	0.730
Modified Simpson's Diversity Index:	1.310
Patch Richness:	4
Patch Richness Density (#/100 ha):	4000000.179
Relative Patch Richness (%):	NA
Shannon's Evenness Index:	0.974
Simpson's Evenness Index:	0.974
Modified Simpson's Evenness Index:	0.945
Interspersion/Juxtaposition Index (%):	96.659
Contagion (%):	45.944

FIGURA

• Search				
	<i>interpolation, search-by-region, search-by-attribute, (re-)classification</i>			
• Locational Analysis				
	<i>buffer</i>	<i>corridor</i>	<i>overlay</i>	<i>Voronoi/Thiessen</i>
• Terrain Analysis				
	<i>slope/aspect, catchment/basins, drainage/network, viewshed</i>			
• Distribution/Neighborhood				
	<i>cost/diffusion/spread</i>	<i>proximity</i>	<i>nearest-neighbor</i>	
• Spatial Analysis				
	<i>multivariate analysis, pattern/dispersion, centrality/connectedness, shape</i>			
• Measurements				
	<i>measurements</i>			

A figura 1 mostra categorias e tipos de métricas respectivas.