



Universidade de Brasília

Faculdade de Tecnologia

Departamento de Engenharia Florestal

TÓPICOS EM ANÁLISE DE VEGETAÇÃO

Jeanine Maria Felfili

Fábio Venturoli

Comunicações Técnicas Florestais

v.2, n.2

Brasília, junho de 2000

ISSN 1517-1922

A série Comunicações Técnicas Florestais é uma publicação do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília, de periodicidade irregular, que visa divulgar trabalhos originais de pesquisa de todas as áreas da Engenharia Florestal.

Os textos são de exclusiva responsabilidade dos respectivos autores. O total ou parte do texto só poderá ser reproduzido com prévia comunicação escrita do editor responsável desta série técnica.

Universidade de Brasília
Departamento de Engenharia Florestal
Caixa Postal 04357
70919-970 Brasília, DF – Brasil.

Aquisições via [HTTP://www.editora.unb.br](http://www.editora.unb.br)

Projeto gráfico da capa: Ivanise Oliveira de Brito

Comitê editorial:
José Imaña Encinas – Editor
Jeanine Maria Felfili
Cláudio B. Valladares Pádua
Mário Rabelo de Souza

Ficha Catalográfica
Elaborada pela Biblioteca Central da Universidade de Brasília

F312 Felfili, Jeanine Maria
Tópicos em análise de vegetação / Jeanine Maria Felfili e Fábio Venturoli. - |Brasília: Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Florestal, 2000. 34p. – (Comunicações Técnicas Florestais; v.2, n.2)

ISBN 85-87599-08-9

1. Fitossociologia. 2. Levantamento ecológico. 3. Diversidade da vegetação. I Venturoli, Fábio. II Título. III Série.

CDU 581.9
634.0.18

Tabela de Conteúdo

Resumo

- 1. Conceitos**
- 2. Descrição da vegetação**
- 3. Diversidade da vegetação**
- 4. Propriedades da vegetação**
- 5. Fitossociologia e métodos de classificação**
- 6. Métodos de ordenação**
- 7. Agradecimentos**
- 8. Referências bibliográficas**

TÓPICOS EM ANÁLISE DE VEGETAÇÃO

Resumo

Este trabalho tem como objetivo apresentar alguns conceitos, princípios e métodos em análise quantitativa e qualitativa de vegetação. Este aborda a natureza da vegetação, descrições, diversidade, propriedades da vegetação, fitossociologia, métodos de classificação e ordenação.

I - NATUREZA DA VEGETAÇÃO

Conceitos:

Ecologia quantitativa de plantas: É o estudo de técnicas de coleta e análise de dados em vegetação, utiliza métodos matemáticos e análises ecológica da vegetação em estudo, através dos quais desenvolve conceitos gerais, onde as diferentes unidades de vegetação podem ser comparadas e classificadas. Além de descrição e análise da vegetação, inclui biologia de populações de plantas, estratégias das espécies, produção ecológica e dinâmica de vegetação, incluindo processos de sucessão e mudanças vegetacionais.

População: É o grupo de indivíduos de uma mesma espécie capazes de trocar material genético entre si, numa dada área num dado intervalo de tempo. A densidade populacional é dada pelo número de indivíduos de uma mesma espécie por unidade de área

Comunidade: Conjunto de populações que habitam determinada área. São os componentes bióticos de um ecossistema. O principal objetivo do estudo de comunidades é conhecer a distribuição dos grupos das espécies na natureza e as maneiras na qual estes grupos podem ser influenciados ou causados, por interação entre espécies e pelas forças físicas do seu meio ambiente.

Associações de plantas: São caracterizadas pelas formas nas quais as espécies estão distribuídas no espaço. É o conjunto de espécies que compartilham o mesmo habitat. Para as espécies viverem juntas, em associação elas devem ter curvas de tolerância semelhantes, mas não idênticas, aos fatores ambientais.

Nicho: É o conjunto de limites, para todos os fatores ambientais importantes, dentro do qual a espécie consegue sobreviver e se reproduzir. O nicho de uma espécie é o resultado da especialização multidimensional das espécies em seu ecossistema. Por ocupar diferentes nichos, as espécies coexistem em um ecossistema com um mínimo de competição direta.

Fitossociologia: É o estudo das comunidades vegetais no que se refere à origem, estrutura, classificação e relações com o meio. Ocupa-se da definição e identificação dos diferentes tipos de vegetação e comunidades de plantas. Através da aplicação de um método fitossociológico pode-se

fazer uma avaliação momentânea da estrutura da vegetação, através da frequência, densidade e dominância das espécies ocorrentes numa dada comunidade.

- A frequência é dada pela probabilidade de se encontrar uma espécie numa unidade de amostragem e o seu valor estimado indica o número de vezes que a espécie ocorre, num dado número de amostras.
- A densidade é o número de indivíduos, de uma dada espécie, por unidade de área.
- A dominância é definida como a taxa de ocupação do ambiente pelos indivíduos de uma espécie. Em espécies florestais, esta última é representada pela área basal.
- O Índice de Valor de Importância (IVI), revela através dos pontos alcançados por uma espécie, sua posição sociológica na comunidade analisada, e é dado pelo somatório dos parâmetros relativos de densidade, frequência e dominância.

Escalas de estudo: As escalas de estudo estão relacionadas com os fatores que alteram a composição florística em uma dada área. Por exemplo, se considerarmos a escala em nível de bioma, pode ser que as variáveis que mais explicam a diferenciação das espécies seja a latitude e longitude, enquanto que em nível de fisionomias, estas variáveis podem ser a altitude e o relevo. Se analisarmos a escala de estudo em nível de comunidades, as variáveis explicativas poderiam ser a profundidade do lençol freático e as condições edáficas.

Visões sobre comunidades de plantas :

Clements:

As comunidades se repetem bem definidamente de acordo com um gradiente ambiental e com as características climáticas.

As comunidades vegetais têm distribuição geográfica e as espécies existentes em um dado ambiente na superfície da terra dificilmente habitariam outros pontos ou posições geográficas.

As espécies se distribuem em grupos que variam de acordo com as condições climáticas.

Gleason

As espécies tem características individuais e sua ocorrência está muito relacionada com o tempo e o espaço.

Uma espécie pode ocorrer em várias posições geográficas, desde que os sítios ecológicos sejam semelhantes.

As espécies se distribuem continuamente aparecendo em vários pontos da superfície terrestre.

Visão atual

A tendência atual de interpretação da distribuição geográfica de comunidades vegetais está mais voltada para a visão de gleason.

As espécies quando submetidas a condições ambientais semelhantes formam mosaicos, que podem variar no tempo e no espaço.

As condições diferentes de sítios dão origem a uma estrutura

em mosaicos da vegetação e as espécies ocorrem em longa escala geográfica.

Peculiaridades das plantas:

As espécies de plantas que crescem juntas formam uma comunidade de plantas que competem pelos mesmos recursos ambientais. Essas desenvolvem mecanismos próprios para se adaptarem a tais condições. São as chamadas peculiaridades das plantas, descritas a seguir:

- **Estratégias** - As estratégias estão relacionadas com a perpetuação das espécies, uma vez que estas as utilizam para garantir as suas fases vitais: polinização, floração, frutificação, dispersão, germinação, nascimento e estabelecimento das mudas e o seu crescimento.
- **Competição** - É a interação entre indivíduos da mesma espécie ou de espécies diferentes, porém, do mesmo nível trófico, (vegetais clorofilianos), objetivando ocupar uma posição. A competição pode ser por espaço aéreo, abrangência radicular ou por nutrientes do solo, dentre outros. Estas formas de competição não deixam de ser uma estratégia de estabelecimento e crescimento dos indivíduos de uma dada espécie.
- **Coexistência** - É a existência mútua de espécies vegetais que se interagem, sobremaneira, em suas atividades vitais.

Sucessão e clímax:

Os conceitos de sucessão e clímax foram introduzidos por Clements (1916), trazendo a idéia de que as espécies se sucedem no tempo até chegarem a um estado de equilíbrio determinado pelo clima da região. A sucessão ocorre quando plantas individuais e populações imigram, interagem e se extinguem ao longo do tempo. É o estabelecimento de uma nova espécie no lugar de outra removida ou modificada. Quando uma comunidade vegetal atinge o estágio final de sucessão, em uma certa área, atingida sob determinadas condições ambientais, na qual a composição das espécies e a estrutura das comunidades bióticas são consideradas estáveis, diz-se que esta comunidade está em clímax. Portanto o conceito de clímax depende da escala de tempo e espaço em análise.

Ecologia vegetal: abordagens comunitárias e individualísticas:

Na ecologia vegetal a abordagem comunitária dá um enfoque de estudo em nível de comunidade, ou seja, a observação é feita tendo as comunidades de plantas e ecossistemas como entidades completas onde todas as espécies são examinadas juntas. A corrente individualística faz a abordagem sobre o indivíduo ou espécie vegetal e é expressa com base em dois conceitos, as estratégias das espécies e a biologia de população de plantas. O problema que se verifica é a falta de interação do indivíduo na comunidade. Portanto, para se conhecer a vegetação não basta conhecer as espécies de

plantas, mas também as relações destas espécies agrupadas em comunidades.

II - DESCRIÇÃO DA VEGETAÇÃO

Os métodos de descrição da vegetação se baseiam em uma análise fisionômica / estrutural ou florística da vegetação. Na análise fisionômica a descrição é baseada na morfologia externa, estratificação, forma de vida e tipo de espécies presentes. Já na análise florística as espécies presentes ao estudo são identificadas (família, gênero, espécie), sendo registrado presença/ ausência e abundância relativa dessas espécies na área de estudo.

Classificação das formas de vida de acordo com :

Raunkier

Essa classificação é baseada na altura da parte aérea do broto perene de cada planta na qual as partes da planta começam a crescer na próxima estação favorável. Está baseada na suposição de que a morfologia das espécies está diretamente relacionada ao controle climático, onde o trópico úmido representa as condições mais favoráveis para as espécies em termos de radiação, temperatura e precipitação, enquanto as espécies de outros ambientes, deficientes em nutriente, radiação solar e temperatura mostram graus variados de adaptação e resposta no posicionamento dos botões.

- Grupo I PHANEROPHYTES: Espécies que emergem do botão floral perene da parte aérea da planta. São subdivididos de acordo com a sua altura.
- Grupo II CHAMAEPHYTES: Espécies que emergem do botão perene da parte aérea da planta próximo ao solo (abaixo de 2m). São plantas lenhosas ou herbáceas.
- Grupo III HEMICRYPTOPHYTES: Morte da parte aérea da planta sob condições desfavoráveis, mas os botões emergem ao nível do solo.
- Grupo IV CRYPTOPHYTES: Espécies vegetais com botões ou ápices que sobrevivem sob condições desfavoráveis abaixo ou debaixo d'água.
- Grupo V THEROPHYTES: Plantas que sobrevivem nas estações desfavoráveis como sementes. As espécies são anuais e completam o seu ciclo de vida de semente a semente nas estações favoráveis.

Dansererau

O método de Dansererau faz a classificação fisionômica-estrutural, levando em consideração as plantas dominantes.

Utiliza seis critérios de avaliação:

- forma de vida;
- tamanho da planta;
- cobertura;
- função da planta (decídua ou sempre verde);
- forma e tamanho. Esses critérios apresentam subdivisões que são representadas por símbolos.

Nesse método é construído um diagrama simbólico associado a um sistema de letras

Küchler

- divisão: de acordo com a forma de vida:
Lenhosa (7 tipos), Herbáceas (3 tipos), outras formas (4 tipos).
- divisão de acordo com as características da folha, altura e cobertura.

Fosberg

- divisão em categorias de densidade de vegetação:
vegetação aberta (17 tipos), vegetação fechada (10 tipos), vegetação esparsa (4 tipos).
- divisão de acordo com alguns critérios:
altura e continuidade da vegetação.
- divisão em função da planta:
decídua ou sempre verde.

Métodos de descrição da vegetação baseados em florística:

São métodos em que se faz a identificação das espécies vegetais de determinada comunidade para a descrição de vegetação. Essa descrição florística apresenta alguns problemas como a identificação da espécie vegetal, a amostragem e a medida de abundância para cada espécie. O método mais utilizado para a descrição da florística da vegetação é o de parcelas, que podem ser em forma de

quadrados, retângulos ou círculos. O uso dessa técnica visa estabelecer uma área padrão para descrição e estudo da vegetação. O tipo de parcela, principalmente o tamanho, dependerá da cobertura vegetal em questão. Os métodos desenvolvidos para estimar um tipo de parcela ótimo para determinada comunidade de plantas são baseados em conceitos de área mínima e curva espécie-área, ou seja, aumenta-se o tamanho da parcela progressivamente, contando-se o número de espécies presentes, quando esse número de espécies tender a se estabilizar chegou-se a um tamanho ótimo de parcela para contagem.

Abordagem de classificação de habitat de Elton 1966:

Elton assume que a complexidade estrutural da vegetação, representado pelas diferentes camadas de estratificação, pode ser equiparada com a diversidade de habitats. Ele considera três grandes sistemas de habitats: terrestre, aquático e transição aquático-terrestre. Onde o sistema de habitat terrestre foi dividido em quatro categorias: solo aberto, campo, escruze e floresta, baseadas na altura das espécies dominantes. O método combina as informações sobre estrutura de habitat, área de habitat e diversidade de espécies para comparar diferentes tipos de vegetação.

Medidas de abundância:

A análise de abundância de espécies pode ser quantitativa ou qualitativa. A análise qualitativa é extremamente rápida e os resultados apresentam a maneira mais simples de obter

informações sobre a vegetação em estudo. As medidas de abundância de caráter quantitativo podem ser subjetivas ou objetivas, estas por meio de medidas mais precisas.

- Medidas subjetivas:

Classes de frequência - Estimada por olho (baseado na porcentagem de cobertura vegetal).

- Medidas objetivas:

Densidade - estimada a partir da contagem do número de indivíduos em uma determinada área amostral;

Frequência - representa a probabilidade de uma certa espécie ocorrer dentro da área amostral.

Cobertura - porcentagem de cobertura do solo pela vegetação.

Biomassa - é o conteúdo de material vegetal presente em uma dada área em um determinado momento.

Produtividade - é a quantidade de biomassa produzida em um determinado período de tempo.

III - DIVERSIDADE DA VEGETAÇÃO

Riqueza: É o número de espécies de plantas presentes em uma área

Diversidade: é relativa ao número de espécies e suas abundâncias em uma comunidade ou habitat. Com a finalidade de fazer distinção entre a diversidade encontrada dentro de uma comunidade e a diversidade de uma paisagem ou região na qual observa-se uma mistura de habitats, Whittaker sugeriu os seguintes conceitos de diversidade:

- Diversidade alfa é relativa ao número de espécies e suas abundâncias em uma área determinada ou comunidade. Exemplo: diversidade de espécies em uma área restrita de cerrado.
- Diversidade beta é a diversidade entre habitats. É também chamada de diversidade de habitats porque evidencia diferenças na composição das espécies entre diferentes áreas ou meios. Exemplo: diversidade entre matas e cerrado e diversidade entre áreas de floresta ao longo de um gradiente de umidade.
- Diversidade gama é a diversidade de paisagem que reflete primariamente processos evolucionários do que processos ecológicos. Representa o número de espécies e suas abundâncias em uma determinada região, considerando todas as comunidades presentes. Seria o somatório das espécies que ocorrem em todas as matas, campos e cerrados dentro de uma bacia hidrográfica, por exemplo.

As medidas de diversidade de espécies podem ser subdivididas em três categorias:

- Riqueza de espécies: consiste essencialmente da medida do número de espécies em uma unidade definida da amostra.
- Modelos de abundância de espécies: descrevem a distribuição da abundância de espécies e representam situações onde exista desde alta similaridade até situações na qual alta diversidade de espécies é observada.

- Índices com base na abundância proporcional de espécies: são índices que procuram juntar riqueza e similaridade em uma única informação. Como exemplo temos Shannon & Simpson.

Índices de diversidade:

Shannon:

O índice de diversidade de shannon assume que os indivíduos são amostrados de forma aleatória de uma população infinitamente grande, assumindo também que todas as espécies estão representadas na amostra. É um índice não-paramétrico de medida de diversidade de espécies e é baseado na abundância proporcional das espécies. O cálculo se faz a partir da equação:

$$H' = (pi * \ln pi)$$

Onde:

pi é a estimativa da proporção de indivíduos (i) encontrados de cada espécie.

$$pi = ni / N$$

ni = número de indivíduos da espécie i;

N = número total de indivíduos.

O uso desta equação induz a um resultado tendencioso, entretanto, na prática, este desvio raramente é significativo.

Como uma fonte substancial de erro podemos citar a falha de incluir todas as espécies da comunidade na amostra. Erro que cresce na proporção que diminui as espécies representadas na amostra. Existe uma tendência de padronização para o cálculo do índice de shannon usando o log natural, porém qualquer base pode ser usada. Atenção deve ser dada quando se deseja fazer comparação entre amostras. Esse índice atribui maior valor às espécies raras e é um dos melhores índices para ser usado em comparações, caso não haja interesse em separar abundância de raridade.

Simpson:

O índice de Simpson dá a probabilidade de dois indivíduos quaisquer retirados aleatoriamente de uma comunidade pertencerem a diferentes espécies. É uma medida principalmente de dominância e dá um peso maior às espécies comuns, ao contrário de Shannon,

Influência da amostragem na avaliação de diversidade:

A riqueza de espécies pode ser influenciada pela intensidade de amostragens. Por isso o tamanho da amostra deve ser determinado de acordo com a natureza dos organismos a serem investigados. É preferível usar um grande número de pequenas parcelas do que um pequeno número de grandes parcelas para determinação da riqueza. A amostragem deve ser suficientemente grande para representar adequadamente a diversidade da área estudada. O tamanho mínimo de uma parcela deve ser aquele que reflita a estrutura da

comunidade. Pôr exemplo, uma parcela de cerrado típico deve incluir áreas mais e menos densas de cobertura arbórea para ser representativa da fisionomia.

Crítérios observados na escolha da medida de diversidade:

Primeiramente é preciso ter em mente o objetivo da medida.

Os critérios são:

- Habilidade de diferenciar sítios: diferentes índices tem diferentes capacidades de diferenciar sítios, influenciados também pelo tipo de vegetação a ser estudado;
- Dependência do tamanho da amostra;
- Que componente da diversidade está sendo mensurado;
- Se o índice é muito usado e compreendido.

A importância de se usar esses critérios é que oferecem uma correta interpretação dos resultados que podem ser facilmente comparados com outros trabalhos existentes na literatura.

Avaliação das diversidades:

- Diversidade alfa: pode-se contar o número de espécies e o número de indivíduos de cada espécie na amostra de uma comunidade. Com estes dados pode-se calcular índices de diversidade, índices de riqueza e modelos de abundância. Outro método de se avaliar a diversidade é por meio de curvas do componente dominância, para isso é necessário que se calcule índices de dominância para cada uma das espécies amostradas.

- Diversidade beta: fazer a amostragem das espécies em várias unidades amostrais ao longo de um gradiente ambiental e montar uma curva espécie-área, calcular índices de similaridade entre amostras ou calcular índices de diversidade.
- Diversidade gama: é calculada simplesmente como o número total de espécies dentro de uma região. Pode ser medida também como a diferença na composição de espécies entre habitats similares em regiões distintas.

IV - PROPRIEDADES DA VEGETAÇÃO

Espaço de espécie:

É a representação da distribuição das espécies em uma comunidade. Cada dimensão pode ser considerada como uma unidade amostral e a posição de cada espécie é determinada por coordenadas nas parcelas. Embora possam ser descritas matematicamente não podem ser demonstradas geometricamente além de três dimensões.

Espaço de parcelas:

É a distribuição das parcelas no espaço das espécies. Cada espécie é considerada como uma dimensão no espaço das parcelas.

Com relação à matriz de dados de vegetação:

Cada nova espécie acrescentada à matriz espécie x parcela representa uma fonte potencial de variação e cada variável

extra ou amostra constitui-se uma dimensão extra. Os dados são ditos multidimensionais e os métodos de análise desses dados são técnicas de análise multivariada:

- Redundância: são parcelas ou espécies similares entre si em uma comunidade. Espécies com a mesma distribuição espacial e parcelas com a mesma composição de espécies.
- Barulho: é a variação dos indivíduos de uma dada espécie frente às pressões ambientais nos vários sítios. Por exemplo: pode-se encontrar uma mesma espécie em sítios diferentes, mas numa mesma área, com dominância de cobertura vegetal diferente, ou seja, enquanto em um sítio essa dada espécie domina 90% da área de cobertura vegetal, na outra não passa de 70%. Neste caso, o barulho pode ser decorrência de fatores bióticos e abióticos.

Dados utilizados:

- Nominal: esse tipo de medida envolve categorização sem valor numérico ou escala. Por exemplo: presença/ausência de um caráter, cor, ou árvore, arbusto, gramínea, ervas ou briófitas, ou seja, são atributos que não podem ser manipulados numericamente.
- Ordinal: são dados que podem ser colocados em ordem ou escala crescente. As mais simples escalas de abundância para dados de vegetação são: dominante, freqüente, ocasional e raro. A escala de Braum-Blanquet é um exemplo.

- Intervalo: possui uma unidade de medida constante, portanto, passível de ser comparado, entretanto não possui um zero absoluto, sua colocação na escala de intervalo é arbitrária. Os valores só podem ser comparados na forma de proporção. Ex: uma dada medida é duas vezes maior que a outra e não duas vezes mais larga, ou mais quente, ou mais pesada, falta uma unidade física.
- Razão: Possui um zero absoluto, uma unidade. Pode-se dizer que um objeto que está a 100 °C é duas vezes mais frio que outro que está a 200 °C.

O Qui-quadrado como medida de associação:

O estudo de comunidades de plantas está diretamente relacionada com o grau de associação entre as espécies e o nível de similaridade entre as amostras ou parcelas, esta associação pode ser positiva ou negativa, se positiva então as espécies são encontradas freqüentemente crescendo juntas e se negativa significa que uma das espécies pode ser, freqüentemente, encontrada sem a outra. Esse grau de associação é quantificado utilizando o teste do qui-quadrado, para isso utiliza-se uma tabela de contingência de 2x2.

Índices de similaridades:

Jaccard:

Trabalha com dados quantitativos e qualitativos. É usado para comparar floras gerais de áreas maiores, mas também tem sido usado para determinar similaridade de parcelas em termos de composição de espécies. Varia de 0 a 1 e leva em

conta a abundância das espécies.

$$S_j = a / (a + b + c)$$

onde:

S_j - coeficiente de similaridade

a - número de espécies comuns em ambas as parcelas

b - número de espécies únicas da parcela 1

c - número de espécies únicas da parcela 2

Sørensen:

Baseia-se na presença ou ausência de espécies sendo, portanto, um índice qualitativo. Quando duas áreas estão sendo comparadas este índice dá um peso maior para as espécies comuns do que para as espécies exclusivas. Assim, de acordo com Müeller-Dombois & Ellenberg (1974) cada espécie tem a mesma chance de estar presente em ambas as áreas.

$$CCs = [2c / (a + b)] * 100$$

onde:

c - número de espécies comuns às áreas

a - número de espécies da área 1

b - número de espécies da área 2

O valor de CCs varia entre 0 e 1 e, valores superiores a 0,5 indicam similaridade elevada entre as comunidades (Kent &

Coker 1992).

Czekanowski:

É muito similar ao de Jaccard, porém mais elaborado, podendo utilizar tanto dados quantitativos como dados qualitativos. Os valores variam de 0 (completa dissimilaridade) a 1 (similaridade total).

$$Sc = 2 * [\min (Xi, Yi)] / (Xi + Yi)$$

Em que:

X_i, Y_i - abundância da espécie i

$[\min (X_i, Y_i)]$ - somatório dos mínimos valores da espécie i quando ocorrem nas duas parcelas

Distância Euclidiana: Esse coeficiente é baseado nas propriedades euclidianas de um triângulo isósceles e o fato de que o quadrado da hipotenusa é igual à soma dos quadrados dos dois lados opostos. Valores menores do coeficiente da distância euclidiana entre duas parcelas, indicam maior similaridade em termos de composição de espécies.

Se duas espécies X e Y ocorrem em duas parcelas 1 e 2, a similaridade ou a "distância" entre as duas espécies no espaço geométrico será definido como:

$$Se = [(X1 - X2)^2 + (Y1 - Y2)^2] * 0,5$$

Para mais de duas espécies a fórmula é:

$$Dij = [(Xik - Yjk)^2] * 0,5$$

Onde:

D_{ij} = distância euclidiana ao quadrado entre as parcelas i e j

X_{ik} = abundância de k espécies na parcela i

Y_{jk} = abundância de k espécies na parcela j

Um valor baixo desse coeficiente significa que a similaridade é maior em termos de composição de espécies. O valor mais baixo é 0, representando similaridade completa, com tudo não há limite superior fixo para este coeficiente, por essa razão faz-se necessário conhecer o índice de similaridade.

Análise de gradientes:

- Análise direta - é uma análise usada para mostrar a variação da vegetação em relação aos fatores ambientais, usando dados ambientais para organizar as informações das amostras de vegetação. Este método necessariamente assume que os gradientes ambientais são conhecidos e podem ser considerados distintos quando analisados pelo método indireto ou pela ordenação.
- Análise indireta - é aplicada para técnicas que operam em um conjunto de vegetação que pela primeira vez é examinada. Este é feito indiretamente pelos dados ambientais. O segundo estágio dessa análise é a confecção de uma descrição resumo da variação dos dados da vegetação para compará-los e correlacioná-los

para tentar encontrar possíveis gradientes ambientais. Este método pode ser usado em situações onde o gradiente ambiental subordinado não é conhecido ou não é claro. Normalmente é baseado na análise de dados florísticos independentemente de alguma noção de controle de fatores ambientais ou seqüência sucessional. O conceito é que a variabilidade interna dos dados e a suposição é feita pela análise da variabilidade da florística e inevitavelmente refletirá a variação no ambiente.

V - FITOSSOCIOLOGIA E MÉTODOS DE CLASSIFICAÇÃO

Base conceitual da fitossociologia:

Fitossociologia é um processo relacionado a métodos de reconhecimento e definição de comunidades de plantas. Phyto significa planta e sociologia grupos ou agrupamentos. São duas as bases conceituais:

Clementes (1916) - acreditava que os grupos distintos de espécies de plantas que se repetem em um espaço podem ser identificados e chamados de comunidades de plantas;

Gleason (1917-1926) - tinha uma visão mais individualística. Não acreditava na identificação de comunidades, para ele cada espécie vegetal possuía uma distribuição que era resposta de diferentes gradientes ambientais, formando assim uma série contínua de distribuição.

Métodos de classificação:

Consistem em classificar as espécies com base em amostragens da vegetação e seus atributos (composição florística). O produto final da classificação deve ser um conjunto de grupos originados dos indivíduos, onde cada indivíduo dentro de um grupo apresenta maior semelhança com outro indivíduo do mesmo grupo do que com qualquer indivíduo de outro grupo.

Relevé:

Conceito: É uma área de vegetação considerada como uma amostra representativa de um tipo particular de comunidade vegetal. A sua alocação é feita de forma não aleatória, é cuidadosamente escolhida a partir de um conhecimento prévio da vegetação a ser estudada. O seu tamanho é determinado através de um estudo de área mínima utilizando uma curva espécie/ área. O relevé deve ser uniforme e homogêneo, isso significa que um conjunto particular de espécies todo como representativa do tipo de comunidade a ser descrita, deve existir em uma área suficientemente grande que não exista qualquer variação.

Passos para organizar um relevé:

- Compilação dos dados brutos: Os dados dos relevés, coletados em uma área mínima de análise de amostras representativas da vegetação homogênea, são colocados em uma tabela de espécie por parcela, mostrando a abundância de cada espécie por parcela;

- Cálculo da constância de cada espécie: A constância é definida como o número de relevés em que a espécie ocorre. Tem como objetivo auxiliar na identificação das espécies diferenciais. As espécies da tabela de dados brutos são arranjadas com base em sua constância, em ordem decrescente;
- Encontrar boas espécies diferenciadoras: Essas devem ser espécies de média a baixa constância, as quais tendem a ocorrer juntas em uma série de parcelas e podem ser então utilizadas para caracterizar os grupos;
- Elaboração da tabela ordenada: As parcelas são agrupadas utilizando as espécies diferenciadoras. Em seguida as espécies diferenciadoras são agrupadas de acordo com sua abundância nas parcelas;
- Elaboração da tabela diferencial: As espécies companheiras (não diferenciadoras) também são agrupadas. O resultado é uma tabela onde emergem os grupos de parcelas e espécies;
- Caracterização dos grupos: Cada um dos grupos obtidos é caracterizado como uma associação ou comunidade de plantas. A nomenclatura utilizada no método Zurich-Montpellier utiliza os nomes das espécies características adicionados de sufixos para denominar cada associação.

Graus de fidelidade:

Fidelidade 5 - espécies exclusivas: completa ou quase completamente confinadas a uma comunidade de plantas;

Fidelidade 4 - espécies seletivas: encontradas mais freqüentemente em uma certa comunidade e raramente em outras comunidades;

Fidelidade 3 - espécies preferenciais: encontradas em várias comunidades mais ou menos abundantes porém com predominância em certas comunidades;

Fidelidade 2 - espécies indiferentes: sem afinidade definida por uma comunidade específica;

Fidelidade 1 - espécies acidentais: espécies raras em uma certa comunidade, podendo ser intrusos acidentais de uma outra comunidade ou relíquias de uma comunidade anterior.

O método de Zurich-Montpellier:

Foi desenvolvido por Braun-Blanquet (1928) com a proposta de construir uma classificação global das comunidades de plantas. Baseia-se no estudo e agrupamento de relevés, que são amostras consideradas uniformes e representativas de cada tipo de vegetação. As principais críticas apontadas ao método são a sua subjetividade e o fato da metodologia não ser descrita na literatura, necessitando de pesquisadores muito experientes para a aplicação do método.

Técnicas hierárquicas e não hierárquicas:

hierárquicas: resumem os dados em um dendrograma que exprime níveis de similaridade entre as amostras;

Não hierárquicas: plotam os dados em gráficos que indicam os grupos formados pelos dados, esses, são meramente assinalados e agrupados, não sendo mostradas suas relações hierárquicas.

Métodos divisivos e aglomerativos:

divisivos: inicia com uma população total de indivíduos e progressivamente se divide em pequenos grupos. As divisões cessam quando cada grupo é representado por um único indivíduo;

aglomerativos: inicia com um único indivíduo e estes vão se aglomerando até formar um grande grupo.

Métodos monotéticos e politéticos:

monotéticos: agrupam os indivíduos utilizando apenas a presença ou ausência das espécies nas parcelas ou apenas uma variável;

politéticos: classificam a vegetação a partir de todas as variáveis ao mesmo tempo, parcelas e espécies por exemplo.

Análises:

normal: é quando as parcelas são classificadas com base na composição de espécies.

Inversa: é quando o agrupamento de espécies é realizado com base na distribuição das espécies na parcela.

Método TWINSpan:

É um método de classificação hierárquico divisível e politético. Este método é baseado em refinamentos progressivos de um único eixo obtido pelo método de ordenação de médias recíprocas.

Falsa espécie:

Os refinamentos são realizados pela presença de espécies diferenciais, que distintamente da fitossociologia, são determinadas tanto pela ocorrência nas parcelas como pela abundância. Para isso a análise separa cada uma das espécies em falsas espécies de acordo com uma escala de abundância. A ocorrência das falsas espécies nas parcelas é utilizada para realizar o refinamento da ordenação.

Espécie indicadora:

É quando a espécie ocorre só de um lado da divisão. Pode ser dado um valor de indicador para cada espécie, que varia de 1 ou -1, quando a espécie ocorre só de um lado ou do outro, a zero, quando a espécie ocorre em todas as parcelas.

Espécie preferencial:

São espécies que tem duas vezes mais chances de ocorrer de um lado da divisão do que de outro.

Autovalor:

São valores que representam a contribuição relativa de cada componente para o esclarecimento da variação total dos dados. Existe um autovalor para cada componente e o tamanho do autovalor é uma indicação direta da importância do componente na explicação da variação total nos grupos de dados.

Significado ecológico das divisões:

Alguns autores consideram que as divisões tem significado ecológico quando apresentam ligações fortes. Essas ligações são determinadas nos resultados por autovalores e são consideradas fortes quando o mesmo apresenta um número superior a 0,3.

VI - ORDENAÇÃO DOS DADOS DE VEGETAÇÃO

Ordenação:

É o método pelo qual ordena-se o arranjo das amostras de vegetação em relação às suas similaridades de composição de espécies e/ou seus controles ambientais associados. Este método é também parte da análise de gradiente.

Análise de gradiente:

É um conjunto de técnicas de ordenação para redução e aglomeração de dados que conduz à formulação de idéias acerca da estrutura da comunidade de plantas bem como as possíveis relações causais entre a variação da vegetação e o

meio ambiente. Os objetivos são: Sumarizar dados de comunidades de plantas e fornecer uma indicação da natureza real da variação da vegetação e o meio ambiente; Permitir a distribuição de espécies individuais dentro de diferentes comunidade a serem examinadas e comparadas; Fornecer resumo da variação dentro do conjunto de amostras de vegetação que podem ter correlação com controle ambiental para definir gradientes ambientais.

Análises:

- Direta: é uma análise usada para mostrar a variação da vegetação em relação aos fatores ambientais usando dados ambientais para organizar as informações das amostras de vegetação. Este método necessariamente assume que os gradientes ambientais subordinados são conhecidos e tanto podem ser parecidos bem como muito distintos.
- Indireta: é aplicado para técnicas que operam em um conjunto de vegetação que pela primeira vez sua variação é examinada. Normalmente é baseado na análise de dados florísticos independentemente de alguma noção de controle de fatores ambientais ou seqüências sucessional. O conceito é que a variabilidade interna dos dados e a suposição é feita pela análise da variabilidade na florística e inevitavelmente refletirá a variação no ambiente.

Parâmetros Fitossociológicos:

Densidade (D): é a medida que expressa o número de indivíduos com relação a uma unidade de área (em geral, por hectare).

Densidade Absoluta

$$(DA) = n / \text{área}$$

Considera o número de indivíduos de uma determinada espécie na área.

Densidade Relativa

$$(DR) = (n / N) * 100$$

É a relação entre o número de indivíduos de uma espécie e o número de indivíduos de todas as espécies. É expresso em percentagem.

Onde:

n = número de indivíduos da espécie i.

N = número total de indivíduos.

Freqüência (F): considera o número de parcelas em que determinada espécie ocorre. Indica a dispersão média de cada espécie e é expresso em percentagem.

Freqüência Absoluta

$$(FA) = (P_i / P) * 100$$

É a relação entre os número de parcelas em que determinada espécie ocorre e o número total de parcelas amostradas.

Onde:

P_i = número de parcelas com ocorrência da espécie i .

P = número total de parcelas.

Freqüência Relativa

$$(FR) = (FA_i / (FA)) * 100$$

É a relação entre a freqüência absoluta de determinada espécie com a soma das freqüências absolutas de todas as espécies.

Onde:

FA_i = freqüência absoluta da espécie i .

FA = somatória das freqüências absolutas de todas as espécies consideradas no levantamento.

A freqüência fornece uma informação a respeito da dispersão das espécies. Espécies com um elevado número de indivíduos podem apresentar baixos valores de freqüência em função de seus indivíduos estarem agrupados em manchas,

ao passo que outras espécies podem apresentar 100% de frequência pois seus indivíduos encontram-se distribuídos em todas as parcelas amostradas.

Dominância (Do): considera a área basal dos indivíduos de uma espécie, estimada com base no DAP.

Dominância Absoluta

$$(DoA) = g_i / \text{área}$$

Expressa a área basal de uma espécie i na área.

Onde:

$g_i = \sum (d^2 / 4)$ - área basal total da espécie i .

d = DAP de cada indivíduo, em centímetros.

Dominância Relativa

$$(DoR) = (g_i / G) * 100$$

É a relação, em percentagem, da área basal total de uma espécie i pela área basal total de todas as espécies amostradas (G).

$$G = \sum_{i=1}^n g_i$$

A dominância pode ser definida como a projeção da área basal à superfície do solo, fornecendo deste modo uma medida mais eficaz da biomassa do que simplesmente o

número de indivíduos.

Índice de Valor de Importância (IVI): É a soma da densidade relativa (DR), frequência relativa (FR) e dominância relativa (DoR) de uma determinada espécie, refletindo assim sua importância ecológica no local. O valor máximo da soma dos IVI's de todas as espécies consideradas em um levantamento é 300.

$$IVI = DR + FR + DoR$$

Teoricamente, a espécie mais importante em termos de IVI é aquela que apresenta o maior sucesso em explorar os recursos de seu habitat. A partir da análise de cada parâmetro que compõe o IVI pode-se compreender se a espécie é abundante ou não, se apresenta distribuição agrupada ou dispersa e também se ela possui grande área basal ou não, dando uma idéia sobre densidade, distribuição espacial e a dimensão alcançada pela população de uma espécie em relação à demais.

O uso de parâmetros relativos podem limitar as informações pois, ambientes com vegetação densa ou esparsa podem apresentar os mesmos valores de densidade, frequência e dominância relativa.

Índice de Valor de Cobertura (IVC): é uma medida que também fornece informações a respeito da importância de cada espécie no local estudado. Seu valor máximo é 200 pois, neste caso, considera apenas a densidade e a dominância

relativas (DR e DoR), dando pesos iguais para o número de indivíduos e a biomassa.

$$IVC = DR + DoR$$

Ordenação X Regressão:

A análise de ordenação se propõe a recuperar a estrutura latente e no processo mostra como as espécies estão respondendo aos fatores ambientais prevaletentes. Todavia, na ordenação, a variável explicativa não é conhecida mas teórica, e que é construída para explicar melhor os dados. Assim como na regressão, cada espécie representa uma variável resposta, a diferença é que na ordenação as variáveis resposta são analisadas simultaneamente.

Método de ordenação de Bray e Curtis:

A partir da matriz de dados brutos é feita uma matriz de dissimilaridade, mostrando a dissimilaridade entre as parcelas utilizando como índice o coeficiente de Czekanowski. Utilizando essa matriz, são feitos diagramas de ordenação para definir os eixos de ordenação e plotar os valores de cada parcela nesses eixos. Esses valores são projetados nos eixos através de um método de triangulação, utilizando os valores de dissimilaridade entre as parcelas. É feito então o gráfico de ordenação colocando os eixos de ordenação perpendicularmente entre si e plotando os pontos correspondentes a cada parcela a partir dos valores de cada uma em cada eixo.

Método PCA:

É o primeiro método a utilizar a computação dos dados da matriz, sem que o pesquisador precise definir subjetivamente sobre pesos, pontos finais ou outras informações sobre o processo de análise. Ele reduz as variáveis da matriz a poucas variáveis principais. Não é recomendado para dados de vegetação devido ao chamado "efeito ferradura". É muito utilizado para ordenação de variáveis ambientais.

Esquemáticação:

Construção da matriz de dados;

Padronização da matriz de dados;

Construção da matriz de similaridade ou correlação;

Expressar os coeficientes de correlação de forma geométrica, por meio de triângulos;

O primeiro eixo representa os maiores valores de variância e o segundo eixo os menores;

Cálculo da altura dos eixos secundários, terciários, etc.;

Análise da posição dos pontos;

Determinação do método de ordenação R ou Q.

Autovetores:

São um conjunto de pontos onde cada um representa o peso de cada espécie ou variável original em cada componente. Seu valor varia de -1 a +1, onde quanto mais longe o peso estiver do zero mais importante o componente é para a espécie ou variável.

Autovalores:

São os valores que representam a contribuição relativa de cada componente para a explicação do total da variação nos dados. Há um autovalor para cada componente, e o tamanho do autovalor para um componente é uma indicação direta da importância do componente para explicar a variação total dentro do conjunto de dados. Quando esse valor passa de 0.3, o componente é considerado de forte relevância na variação dos dados.

Método biplot:

É um artifício usado por Ter Braak (1978, 1987), que possibilita o uso do PCA para análise de ordenação florística. Basicamente não altera a forma de execução no PCA, mas embora use o mesmo gráfico normalmente utilizado pelo PCA, este método altera suas escalas porque a escala dos pontos de parcelas serão diferentes das espécies que são representadas pelos pontos dos autovetores.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- CAIN, S.A. & CASTRO, G.M.O. 1959. *Manual of vegetation analysis*. Harper & Brothers. New York.
- CAUSTON, D.R. 1988. *Introduction to vegetation analysis*. Unwin Hyman. London.
- DAUBENMIRE, R.F. 1968. *Plant communities*. Harper & Row. New York.
- DRAPER, N.R. & SMITH, A. 1966. *Applied regression analysis*. J. Wiley & Sons. New York.
- DRAPER, N.R. & SMITH, A. 1966. *Applied regression analysis*. J. Wiley & Sons. New York.
- GAUCH, H.G. 1982. *Multivariate analysis in community ecology*. Cambridge University Press. Cambridge.
- HARPER, J.L. 1977. *Population biology of plants*. Academic Press. London.
- HILL, M.O. & GAUCH, H.G. 1980. Detrended correspondence analysis, an improved ordination technique. *Vegetatio* 42:47-58.
- HUSCH, T., MILLER, C.I. & BEERS, T.W. 1963. *Forest mensuration*. 2ed. McGraw-Hill. New York.
- KENT, M. & COKER, P. 1992. *Vegetation description and analysis*. Belhaven press. London.
- LOETSCH, F. & HALLER, K.E. 1974. *Forest Inventory*. Munique. B.L.V.. (vol. 1).
- LUDWIG, J.A. & REINOLDS, J.F. 1988. *Statistical Ecology. A primer on methods and computing*. J. Wiley & Sons. New York.
- MARGURRAN, A.E. 1988. *Ecological diversity and its measurements*. Croom Helm. London.

MEYER,H.A., RECKNAGEL, A.B., STEVENSON,D.D. & BARTOO, R.A. 1961.

Forest management. 2 ed. Ronald Press, New York.

MUELLER-DOMBOIS, D. & ELLENBERG, H. 1974. *Aims and methods of vegetation ecology*. J. Willey & Sons. New York.