

## **Estruturação de comunidades arbóreo-arbustivas de fragmentos de cerrado em Itirapina - SP**

Luciana G. Araújo<sup>1</sup>, Marina R. Braun<sup>1</sup>, Kamila F.M. Garcia<sup>1</sup>, Urbano L. Silva-Junior<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Ecologia – Universidade Estadual de Campinas  
<sup>2</sup> WWF - Brasil

**Resumo** - O presente trabalho procurou avaliar a relação entre a densidade de espécies (diversidade alfa) e os padrões de interação entre as espécies na forma de *checkerboards*, em seis fragmentos de cerrado. A hipótese afirmada inicialmente colocava que quanto maior a diversidade alfa, maior o nível de interação entre as espécies nos extremos do espectro entre associação e competição. A análise de co-ocorrência confirmou a hipótese inicial nos casos extremos de diversidade alfa, onde o fragmento de maior diversidade apresentou estruturação significativa em direção às interações negativas, enquanto no fragmento de menor diversidade a estruturação para coexistência não foi significativa. Relações entre C-Score e a heterogeneidade ambiental, estimada pela diversidade beta, foram exploradas, indicando correlações sugestivas (embora não-significativas no nível de 5%). Este resultado é um indicativo do mérito de aprofundar o estudo da relação entre ocorrência de *checkerboards* e heterogeneidade ambiental em fragmentos de cerrado.

**Palavras chave:** co-ocorrência, Beta-diversidade, riqueza, cerrado.

## Introdução

A vegetação do cerrado (*sensu lato*) não possui uma fisionomia única em toda a sua extensão. A grande diversidade de formas apresenta-se como um mosaico, desde formas campestres abertas até aquelas relativamente densas e florestais, tendo entre elas uma gama de formas intermediárias. Tal mosaico de fisionomias é principalmente determinado pela qualidade nutricional do solo e pelo regime de queimadas (Klein 2000). Contudo, algumas teorias que procuram explicar a diversidade em comunidades biológicas, de maneira geral, consideram a influência de fatores como o clima, heterogeneidade do meio, interações biológicas como competição e predação e a produtividade fatores importantes sobre a estruturação e a diversidade da comunidade (Dajoz 2005). Este debate se estende, também, sobre o eventual efeito que a diversidade pode ter sobre a estabilidade de comunidades.

Desde o modelo de competição de Lotka e Volterra e os trabalhos de Elton, Lack, Hutchinson e MacArthur, o debate sobre o papel da competição na estruturação das comunidades esteve voltado para a discussão da viabilidade de coexistência entre espécies similares. No entanto, nas décadas de 1970 e 1980, os trabalhos sobre competição passaram a ser contestados, por não apresentarem uma abordagem experimental, com exceção dos trabalhos de Gause (Dajoz 2005). A partir dos anos 1990, os modelos nulos surgiram como uma alternativa para aumentar o rigor de testes de hipótese com dados observacionais (Silvertown & Charlesworth 2005).

Muitos estudos usaram padrões de distribuição como evidência da importância da competição interespecífica (Begon et al. 1996). Entre estes estudos há o trabalho de Diamond em 1975 (apud Begon et al. 1996) com aves em ilhas da Nova Guiné. A evidência mais importante deste trabalho consiste na distribuição de checkerboards, onde duas ou mais espécies ecológicamente similares apresentam distribuições mutuamente exclusivas, ou seja, onde uma espécie ocorre a outra não ocorre. Apesar dos resultados de seu trabalho Diamond afirma que a ocorrência de pares excludentes é relativamente rara.

O presente trabalho propõe inferir, através da frequência de co-ocorrência entre espécies, bem como de *checkboards* (pares excludentes), a intensidade das interações bióticas em seis diferentes fragmentos de cerrado, utilizando um modelo nulo para avaliar a probabilidade de os padrões observados serem devidos ao acaso. Como hipótese, acredita-se que a diversidade do fragmento esteja associado a interações bióticas mais intensas, relação esta que se traduz operacionalmente como a correlação entre a diversidade alfa e co-ocorrência de espécies.

## Material e métodos

**Área de estudo** - O município de Itirapina está localizado na região central do estado de São Paulo (22°15'S e 47°49') a uma altitude de 760m (Castro et al. 1999). O clima é do tipo Cwa de Köeppen, ou seja, temperado, macrotermico de inverno seco não rigoroso (Ribeiro & Walter 1998). Os meses mais chuvosos são dezembro, janeiro e fevereiro. A temperatura média anual é 19,7°C, sendo os meses mais quentes janeiro e fevereiro.

Foram amostrados seis fragmentos de cerrado (Estrela, Estação Ecológica, Graúna, Pedregulho, Presídio II e Valério), com diferentes classificações de acordo com a cobertura vegetal, de cerrado campo sujo a cerradão (Ribeiro & Walter 1998). A Estação Ecológica apresenta a fisionomia de campo sujo com predomínio do componente herbáceo, representado inclusive por espécies de gramíneas exóticas. Os fragmentos do Presídio II, Graúna e Estrela representam a fisionomia de cerrado *sensu stricto*. Graúna e Estrela são áreas sujeitas a ação do fogo e a área do Presídio II é usada como área de forrageio para o gado do local. O fragmento do Valério está no interior da Estação Experimental de Itirapina e representa o cerrado denso. Esta área está inserida numa matriz de *Pinus* sp, por este motivo há a ocorrência de indivíduos desta espécie no interior do fragmento. Há uma área com parcelas permanentes no interior do Valério que vem sendo estudada por pesquisadores da UNICAMP desde o início da década de 90. Estas parcelas estão protegidas da ação do fogo desde a década de 60. O fragmento do Pedregulho representa uma área de cerradão também protegida contra a ação do fogo.

**Coleta dos dados** - O método de pontos-quadrantes foi utilizado para a coleta do material vegetal (Müller-Dombois & Ellenberg 1974). Em cada fragmento foram traçadas nove transecções paralelas, no sentido borda-interior. Ao longo das transecções foram estabelecidos 10 a 15 pontos de amostragem, distantes no mínimo 10 m entre si, totalizando 105 pontos em cada fragmento. Em cada ponto quadrante foram amostrados os quatro indivíduos mais próximos do ponto, com diâmetro do caule (DAS) igual ou superior a 3 cm no nível do solo. Todo o material vegetal coletado foi herborizado e identificado no nível de espécie

**Análise dos dados** - A diversidade de espécies de cada um dos fragmentos amostrados (Estrela, Estação Ecológica, Graúna, Pedregulho, Presídio II e Valério) foi calculada a partir das curvas de rarefação para os índices de Shannon-Wiener e a riqueza de espécies com o auxílio do programa Ecosim (Gotelli & Entsninger 2001).

A coexistência de espécies foi calculada a partir do índice de co-ocorrência C-score e a probabilidade de o valor observado ser devido ao acaso foi estimada a partir de um modelo nulo. Esta análise foi feita pelo programa Ecosim que, através de simulações de comunidades randomizadas, fornece

todos os possíveis pares de espécies excludentes. A função do programa escolhida para esta análise mantém fixos os números de indivíduos e de espécies por quadrante ao longo da simulação. O C-score mede o número médio de pares de espécies excludentes (checkerboards) entre o total de pares possíveis de espécies da comunidade amostrada. Quanto maior o valor do C-score, menor o número de pares de espécies que coexistem, e essas interações são consideradas como interações negativas. Valores baixos observados de C-score indicam um maior número de pares de espécies que coexistem, ou seja, nesses valores de C-score existe uma tendência a interações positivas entre as espécies (Figura 1 e 2) (Gotelli & Entsninger 2001).

A comparação dos padrões de estruturação observados nos fragmentos foi feita a partir da normalização dos valores observados de C-score de cada fragmento.

Os índices C-score normalizados de cada fragmento foram correlacionados com a diversidade beta de Whittaker de cada uma das áreas, bem como com a associação da diversidade alfa, dada pelo índice de Shannon-Wiener e diversidade beta de Whittaker.

## Resultados

Os resultados das curvas de rarefação (figuras 3-a a 3-f) dividem os fragmentos em 3 grupos: Estação Ecológica e Valério com os menores valores de diversidade; Estrela e Presídio II com valores de diversidade intermediários e um terceiro grupo formado pelos fragmentos de maior diversidade e representado pelo Graúna e Pedregulho. Vale ressaltar que em todos os fragmentos há estabilização no comportamento das curvas de rarefação indicando que o tamanho amostral foi satisfatório. Isso ocorre pois o número de possíveis combinações diminui conforme o número de indivíduos na simulação se aproxima do número total de indivíduos amostrados.

As curvas de probabilidade dos valores aleatórios do C-score, juntamente com os valores observados para este índice (figuras 4-a a 4-f), permitem inferir sobre a estruturação por coexistência ou exclusão entre pares de espécies. A posição do valor observado de C-score e a probabilidade deste valor ser ao acaso dão subsídios para a interpretação da significância de estruturação em cada um dos fragmentos. As áreas do Presídio II e Pedregulho apresentaram estruturação significativa em direção às interações negativas, uma vez que os valores observados estão na porção direita das figuras (Figuras. 4e e 4f). A probabilidade do C-score observado nestas duas áreas ser aleatório é baixa, o que sugere que a comunidade está estruturada por interações bióticas e abióticas. Valores maiores de C-score indicam uma frequência maior de pares de espécies excludentes, ou seja, que não coexistem. Assim, os valores de C-

score para os fragmentos do Presídio II e Pedregulho sugerem o predomínio de interações negativas, seja por competição ou necessidades de habitat diferentes entre as espécies.

As demais áreas (figuras 2a, 2b, 2c e 2d) não apresentaram valores significativos de estruturação, uma vez que os valores de probabilidades associados aos valores observados de C-score são relativamente altos, próximos dos valores médios gerados pelas simulações do modelo nulo.

Embora quatro dos fragmentos estudados não tenham apresentado estruturação por coexistência de espécies significativa, é interessante observar que há uma tendência na direção das interações positivas ou negativas para todos os fragmentos, com exceção do Estrela. A direção destas tendências representa o tipo de interação predominante na comunidade uma vez que há um conjunto de interações positivas e negativas que se anulam durante a análise dos dados. Os fragmentos da Estação Ecológica e Graúna apresentaram uma tendência a interações positivas, já que o valor de C-score normalizado é negativo. Já os fragmentos do Valério, Presídio II e Pedregulho apresentaram valores positivos de C-score normalizado, o que mostra um predomínio das interações negativas nestas comunidades. Estes dois últimos fragmentos são os únicos com valores de C-score significativo, ou seja, estas comunidades estão estruturadas negativamente por competição ou por requerimentos de recursos diferentes, como variação de solo.

Procurou-se avaliar a relação entre os valores normalizados de C-Score calculados para cada fragmento, com seus respectivos valores de diversidade beta (calculado a partir do índice de Whittaker) como estimativa da heterogeneidade ambiental (Fig 6 e 7). Estas figuras demonstram a correlação entre a diversidade beta e interação entre diversidades beta e alfa, respectivamente, com os valores de C-Score. Embora as correlações não sejam significativas, a sua direção representa o efeito esperado de acordo, com o argumento de Begon et al. (1996), indicando que as diferenças de requerimentos ambientais entre as espécies podem desempenhar um papel, ao lado da competição, na intensidade de sua estruturação na forma *checkerboards*, e que estas correlações podem ser significativas com um maior número de observações. Este resultado indica o mérito de aprofundar o estudo da relação entre heterogeneidade ambiental e *checkerboards* em fragmentos de cerrado.

## Discussão

A hipótese inicial deste trabalho afirma que quanto maior a diversidade alfa, maior o nível de interação entre as espécies nos extremos do espectro entre associação e competição. A análise de co-ocorrência confirmou a hipótese inicial nos casos extremos de diversidade alfa, onde o fragmento de maior diversidade

(Pedregulho) apresentou estruturação significativa em direção às interações negativas, enquanto no fragmento de menor diversidade ( Estação Ecológica) a estruturação para coexistência não foi significativa.

As interações negativas entre as espécies, podem ser interpretadas como resultado de competição interespecífica ou diferentes requerimentos de habitat (Begon et al. 1996). A ausência de estruturação significativa, como as encontradas na Estação Ecológica, Graúna, Valério e Estrela, pode indicar que mecanismos ecológicos como requisitos diferentes para germinação e estabelecimento inicial das plântulas (com. pess. Flávio A .M. dos Santos) bem como a limitação de dispersão de sementes (com. pess. Fernando Martins), ou ainda processos aleatórios que podem explicar a distribuição das espécies na comunidade.

Na área do Presídio II não se esperava forte estruturação para coexistência devido a baixa diversidade observada, no entanto, o padrão encontrado foi significativo. Pode-se interpretar esta estruturação negativa relacionando-a a uma comunidade estruturada pelo predomínio de espécies dominantes, como visto no trabalho de Bulla et al. (1984 apud Medina 1996), que encontrou forte padrão de dominância por poucas espécies nas savanas da Venezuela. A habilidade destas espécies dominantes em ocupar espaço pode ser regulada por fatores intrínsecos da espécie, como o hábito, tamanho, taxa de crescimento específico e requerimentos fisiológicos (Medina 1996).

Outra exceção nos resultados encontrados foi o caso do Graúna, onde se esperava um forte padrão de estruturação em função de sua alta diversidade, mas não ocorreu. Neste caso, podemos sugerir que a presença de muitas espécies raras ou a alta diversidade beta encontrada no local poderiam diluir o efeito de interações positivas e negativas. Desta forma, a falta de estruturação da área não demonstra a falta de interações biológicas entre as espécies. É possível que algumas espécies não co-ocorram em função da alta variabilidade de solos do local, micro-habitats ou competição propriamente, assim como é possível que elas co-ocorram por utilização diferenciada do habitat, por terem uma relação simbiótica umas com as outras ou mesmo pela simples indiferença de uma espécie à presença de outra. Logo, é necessário investigar outros fatores que potencialmente desempenham um papel complementar na estruturação das comunidades.

Esta aparente diferença de nichos entre espécies de plantas e seus padrões de co-ocorrência numa escala local foi estudada nos pastos de Ontário (Canadá). Para tal, foi medida a freqüência de contatos físicos entre vários pares de espécies e comparada com as freqüências esperadas, derivadas simplesmente da abundância das diferentes espécies. O resultado desse trabalho sugere que espécies com

requerimentos similares de solo se associariam negativamente em suas distribuições, enquanto as espécies que exigem diferentes tipos de solo seriam positivamente associadas (Begon et al. 1996).

### Conclusão

A diversidade alfa é um fator que explica a estruturação das comunidades de fragmentos de cerrados em casos extremos de diversidade. Todavia, ela não é suficiente para explicar os padrões de estruturação ao longo de um espectro de variação de diversidade em fragmentos de cerrado. Apesar da ocorrência de pares de espécies excludentes (*chekerboards*) ser considerada rara (Begon *et al.*, 1996), este resultado foi encontrado de forma significativa para dois fragmentos estudados (Pedregulho e Presídio II).

Todavia, os padrões observados apenas subsidiam a formulação de hipóteses sobre os processos subjacentes. Por exemplo: associações negativas podem significar que espécies excluem umas às outras por competição ou que elas possuem diferentes requerimentos de habitat (Begon *et al.* 1996). Logo, a função da heterogeneidade de habitats na estruturação de comunidades do cerrado (estimada pela diversidade beta) merece ser estudada.

### Referências bibliográficas

- BEGON, M., HARPER, J.L. & TOWNSEND, C.R. 1996. Ecology. Third Edition. Blackwell Science.
- CASTRO, A.A.J.F., MARTINS, F.R., TAMASHIRO, J.Y. & SHEPHERD, G.J. 1999. How rich is the flora of brazilian cerrados? *Annals of the Missouri Botanical Garden* 86: 192-224.
- DAJOZ, R. 2005. Princípios de ecologia. Ed. Artmed, Porto Alegre.
- GOTELLI, N.J. & ENTSNINGER, G.L. 2001. Ecosim: Null models software for ecology. Versão 7.0. Ed. Acquired Intelligence Inc. & Kesey-Bear. Disponível em : <http://homepages.together.net/net/^gentsmin/ecosm.html>.
- KLEIN, A.L. (Org.) 2000. Eugene Warming e o cerrado brasileiro: um século depois. Ed. Umesp, São Paulo.
- MÜLLER-DOMBOIS, D. & ELLENBERG, H. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley & Sons, New York.
- RIBEIRO, L.F. & WALTER, B.M.T. 1998. Fitofisionomia do bioma Cerrado. In Cerrado: ambiente e flora (Sano S. M. & Almeida S. P. eds.) . EMBRAPA-CPAC, Planaltina. p. 89-152.
- RICKLEFS, R.E. & MILLER, G.L. 1999. Ecology. Ed. Freeman, USA.
- SILVERTOWN, J. & CHARLESWORTH, D. 2005. Introduction to plant population biology. Blackwell Publishing.

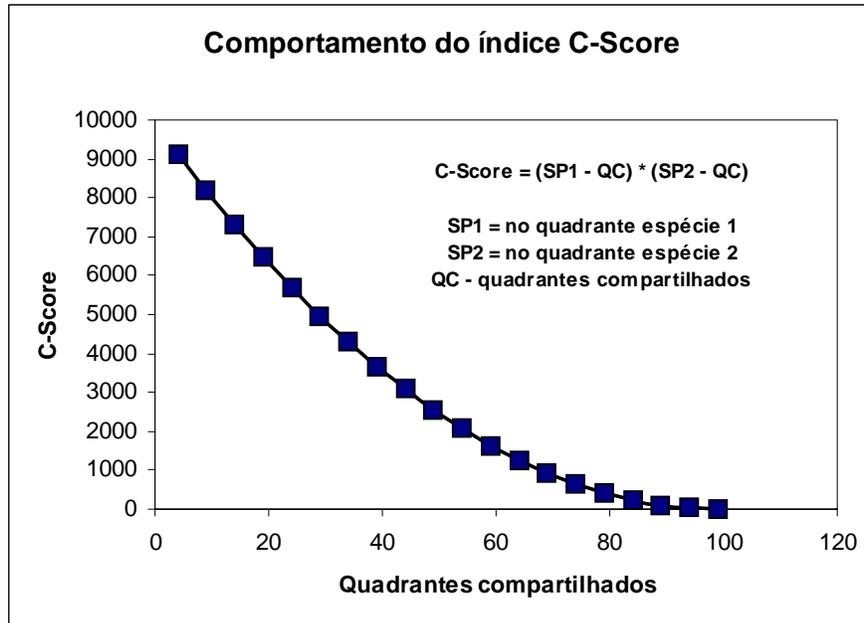


Figura 1. Comportamento do C-score relacionado com o número de quadrantes compartilhados pela espécie 1 e 2.

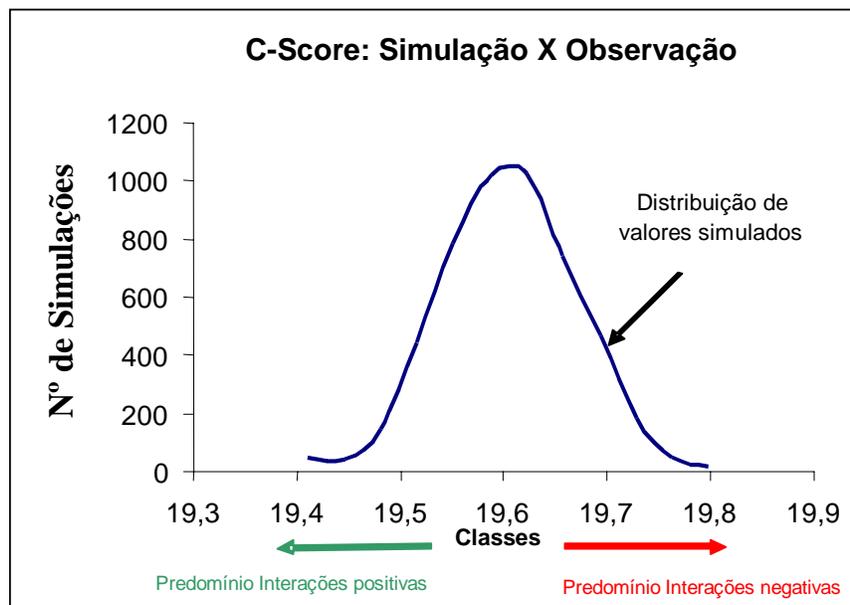
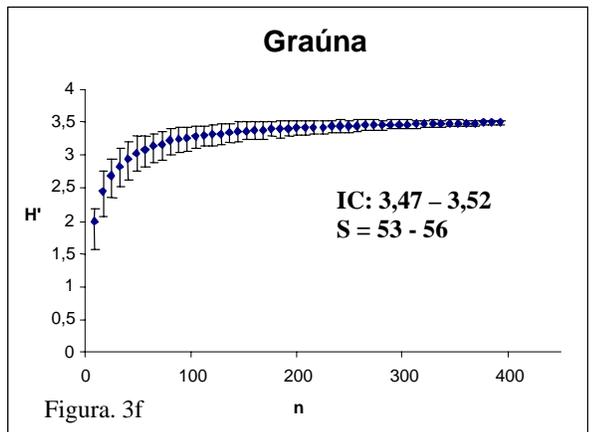
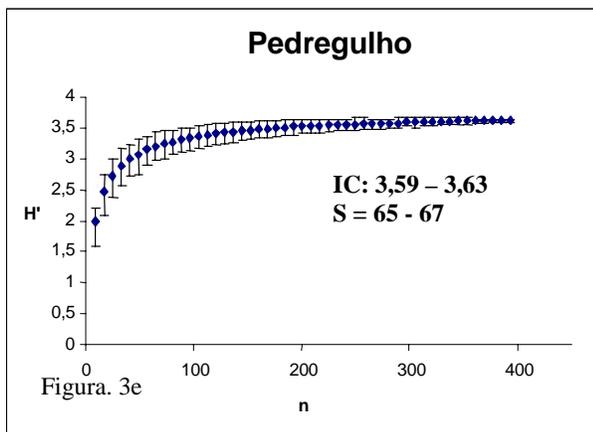
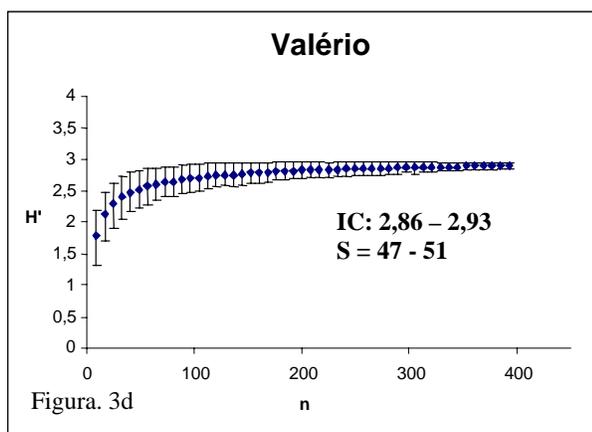
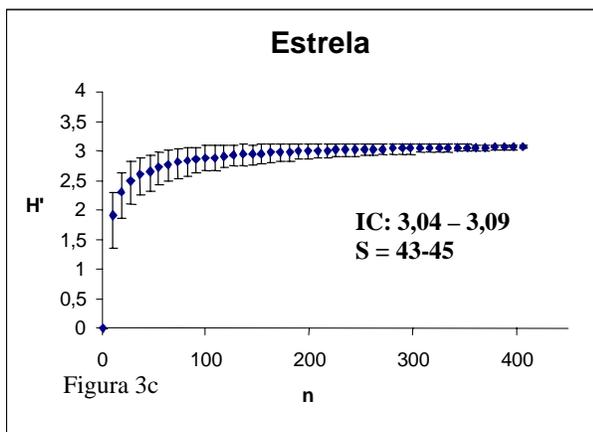
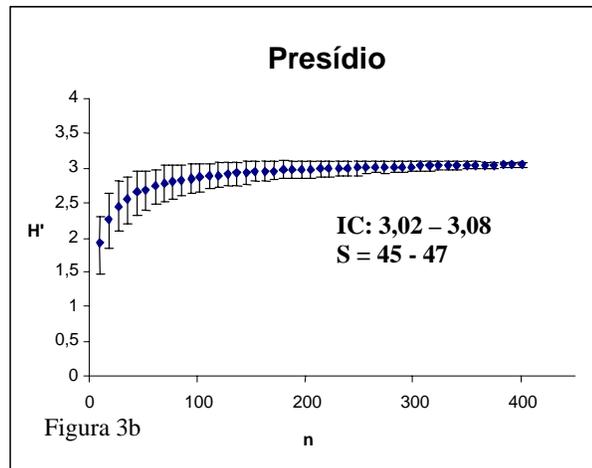
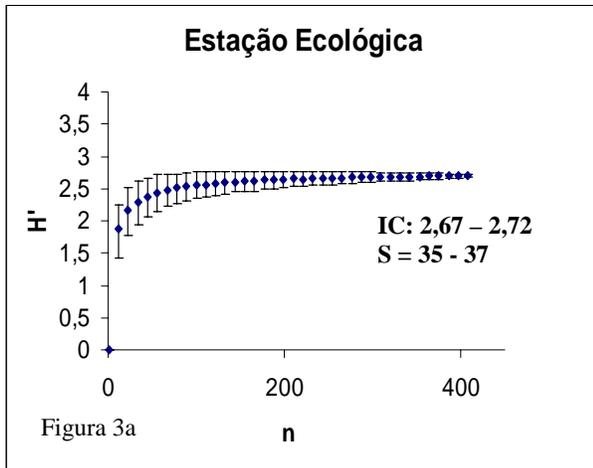
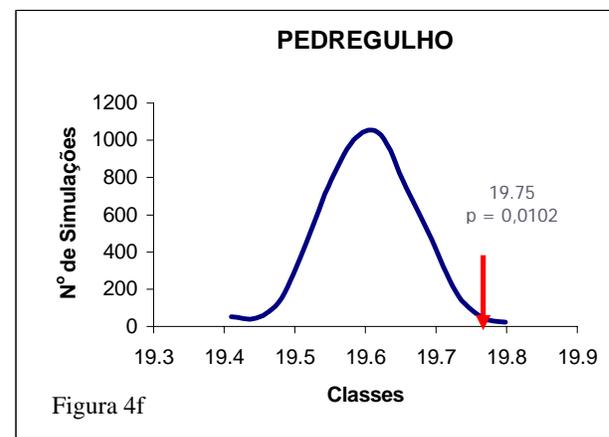
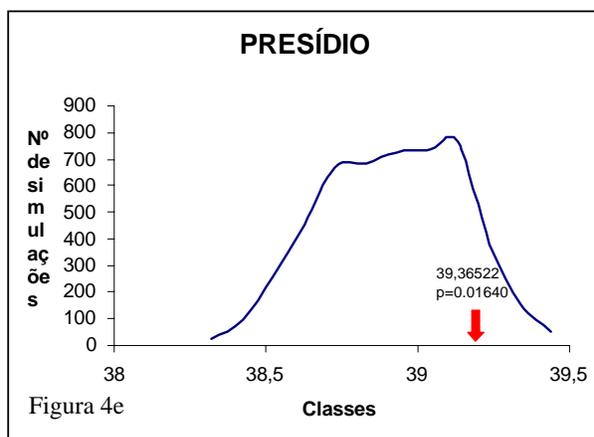
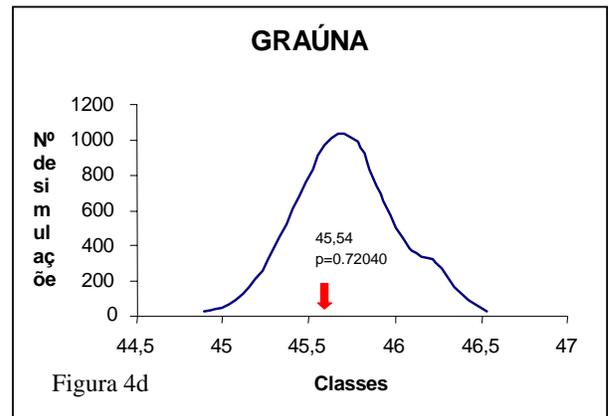
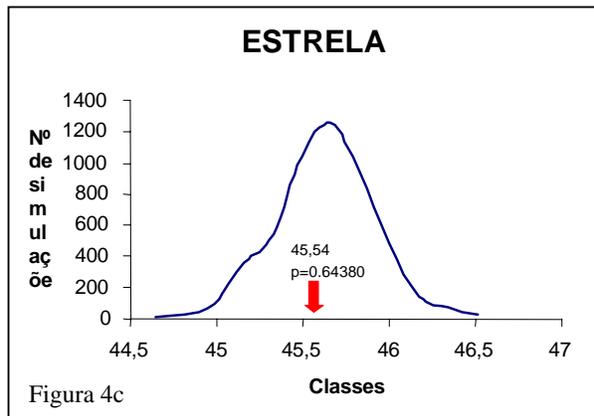
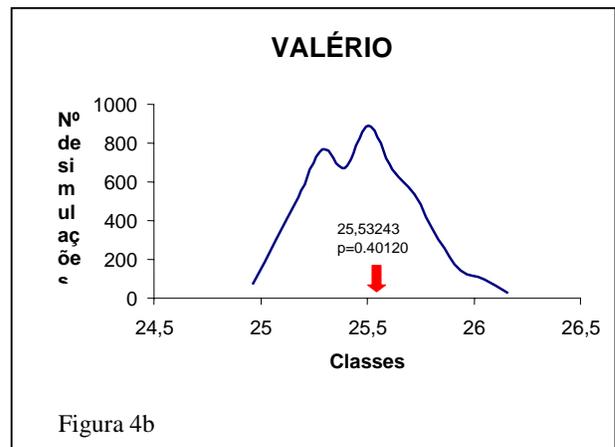
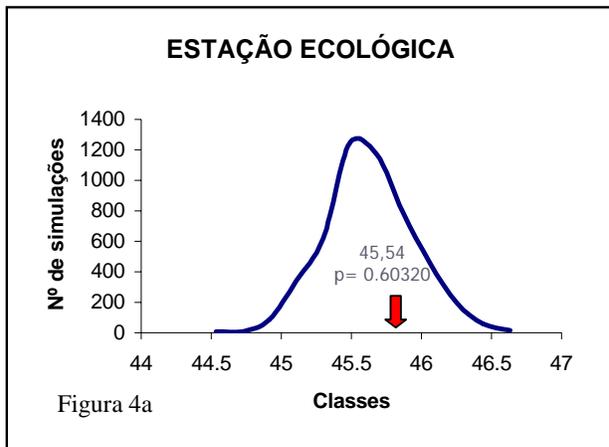


Figura 2.



Figuras 3-a a 3-f . Curvas de rarefação e intervalos de confiança calculados a partir do índice de Shannon-Wiener; intervalos de confiança do índice de Shannon-Wiener e de riqueza de espécies calculados para o total de indivíduos coletados em cada fragmento (1a. n=424, 1b. n= , 1c. n=423, 1d . n= 420, 1e. n= e 1f. n= 421).



Figuras 4a a 4f - Curvas de probabilidade para os valores simulados do índice C-score, valores observados de C-score e probabilidade de aleatoriedade ( $p$ ) do valor observado de C-score para os seis fragmentos de cerrado de Itirapina. A localização do valor observado de C-score em cada curva está indicada pela seta vermelha. O valor de  $p$  se refere à probabilidade do valor de C-score observado ser devido ao acaso.

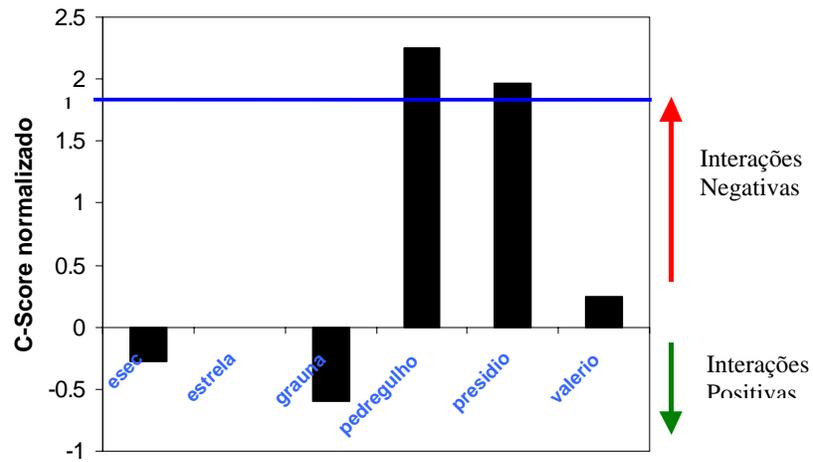


Figura 5. Valor observado do C-score normalizado para cada localidade amostrada, linha de significância (C-score normalizado=1,96) e direção das interações entre espécies de cada fragmento, obtida a partir da posição do valor observado do C-score nas curvas de probabilidade (figuras 4-a a 4-f).

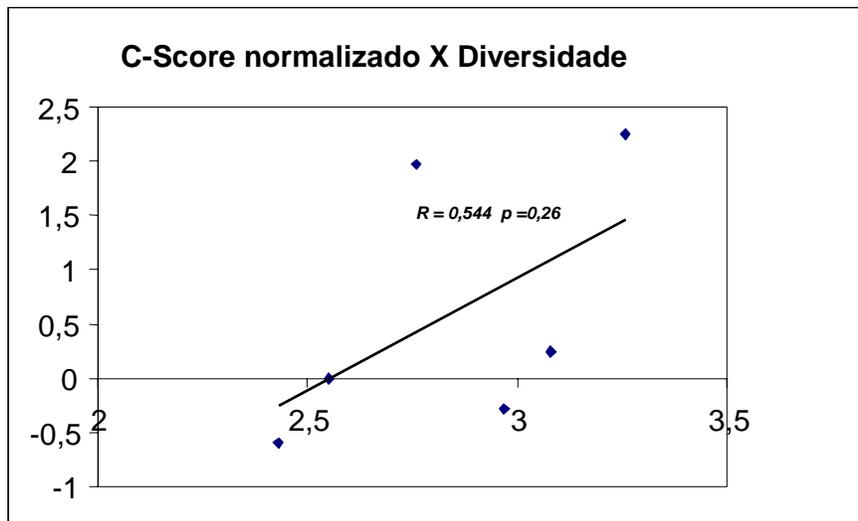


Figura 6 – Correlação entre o C-Score Normalizado e diversidade beta

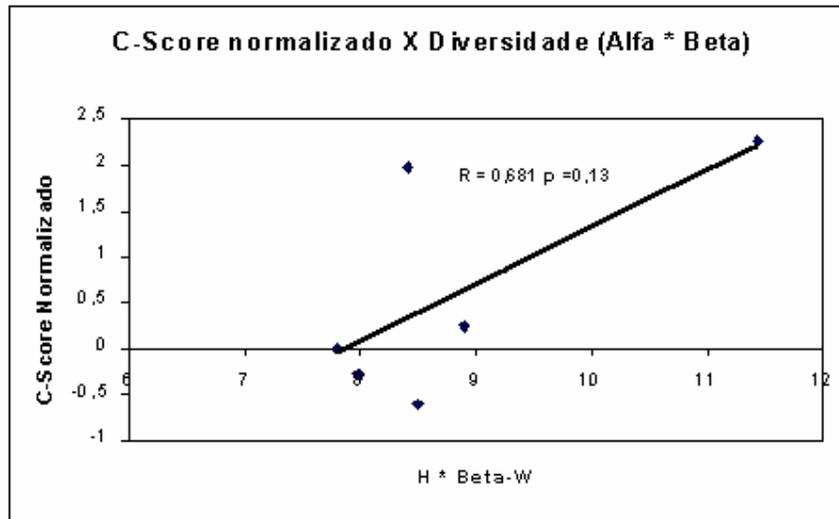


Figura 7 – Correlação entre o C-Score Normalizado e a interação entre diversidade beta e diversidade alfa.