

CENTRO DE ESTATÍSTICA APLICADA – CEA
RELATÓRIO DE ANÁLISE ESTATÍSTICA – CÓDIGO 99P03

TÍTULO: Relatório de análise estatística sobre o projeto: “Análise de sobrevivência de ovos de aves predados por mamíferos em Floresta Atlântica”

PESQUISADOR: Júlio Cesar Voltolini

INSTITUIÇÃO: Universidade de Taubaté - UNITAU

FINALIDADE: Publicação

RESPONSÁVEIS PELA ANÁLISE: Antonio Carlos Pedroso de Lima
Elaine Massami Nojima

REFERÊNCIA DESTE TRABALHO: LIMA, A. C. P. e NOJIMA, E. M. **Relatório de análise estatística sobre o projeto: “Análise de sobrevivência de ovos de aves predados por mamíferos em Floresta Atlântica”**. São Paulo, IME – USP, 1999. (RAE - CEA – 99P03)

FICHA TÉCNICA:

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

KLEINBAUM, D. G. (1996). **Survival Analysis: A Self - Learning Text**. New York: Springer. 324p.

MURCIA, C. (1995). Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. **Tree**, 10, 3, 58-82.

VENABLES, W. N. and RIPLEY, B. D. (1996). **Modern Applied Statistics with S-Plus**. 3^a.Ed. New York: Springer. 462p.

PROGRAMAS COMPUTACIONAIS UTILIZADOS:

Microsoft Excel para Windows 97

Microsoft Word para Windows 97

S-PLUS for Windows Version 3.3 Release 1

TÉCNICAS ESTATÍSTICAS UTILIZADAS:

[Entre parênteses encontra-se a classificação “Statistical Theory & Method Abstracts (ISI) “]

Análise Descritiva Unidimensional (03:010)

Análise de Variância com Efeitos Fixos (08:010)

Análise de Sobrevivência (13:070)

ÁREA DE APLICAÇÃO:

Ciências do Ambiente e Ecologia (14:060)

ÍNDICE

RESUMO	5
1. INTRODUÇÃO	6
2. DESCRIÇÃO DO ESTUDO	6
3. DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS	8
4. ANÁLISE EXPLORATÓRIA DOS DADOS	9
4.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DA AMOSTRA	9
4.2 AVALIAÇÃO PRELIMINAR DA ASSOCIAÇÃO ENTRE TEMPO ATÉ A PREDACÃO E FATORES DE INTERESSE	9
4.3 COMPARAÇÃO DOS <i>TRANSECTOS</i>	11
5. ANÁLISE INFERENCIAL	12
6. CONCLUSÕES	14
APÊNDICE A	15
APÊNDICE B	19
APÊNDICE C	31
APÊNDICE D	35
APÊNDICE E	40

RESUMO

A fragmentação de florestas pode criar uma borda física que usualmente possui uma vegetação mais densa, promovendo recursos alimentícios (insetos), que por sua vez contribuem para atrair aves para nidificação (construção de ninhos). O objetivo deste estudo é avaliar como ocorre a predação de ovos, verificando se essa é maior na borda ou no interior da floresta. Além disso, deseja-se estudar a ocorrência de predação em diferentes alturas em relação ao solo (*Estratos*).

Foi possível detectar diferenças estatisticamente significativas entre os *Ambientes Borda e Interior*, os *Estratos* e as *Estações do Ano*. No *Interior* da floresta, o risco de predação de ovos foi maior em relação ao da *Borda*. Na *Borda*, em época úmida (*Estação Úmida*), o *Estrato Dossel* apresentou maior risco quando comparado ao *Terrestre*. Os ovos de aves que nidificam na *Borda* da floresta sofreram maior predação no mês de janeiro (*Estação Seca*).

1. INTRODUÇÃO

A fragmentação de florestas pode provocar a interação entre dois ecossistemas adjacentes, criando uma borda física. Essa borda usualmente possui uma vegetação mais densa, que promove recursos alimentícios (insetos), contribuindo para atrair aves para nidificação (construção de ninhos). Os ovos resultantes, por sua vez, podem atrair predadores como marsupiais e roedores, que provavelmente são responsáveis por uma maior taxa de predação de ovos em borda, conforme discutido por Murcia (1995).

O objetivo deste estudo é avaliar como ocorre a predação de ovos na floresta, verificando se essa é maior na borda do que no interior. Além disso, deseja-se verificar se as aves que nidificam no solo sofrem maior predação de ovos em relação a outros estratos, localizados a diferentes alturas em relação ao solo.

2. DESCRIÇÃO DO ESTUDO

O estudo foi realizado no Parque Estadual da Serra do Mar, no Núcleo Santa Virgínia. A vegetação nessa região possui áreas de reflorestamento, florestas secundárias inicial e madura. Foram escolhidos dois sítios para a realização do estudo, um localizado na borda e outro no interior da floresta com aproximadamente 15 km de distância entre eles. Em cada região, os ninhos foram colocados em quatro transectos (áreas de 200 m²), separados por uma distância de 200 metros. Em cada transecto foram instaladas dez estações, distantes 20 metros umas das outras, e em cada estação foram colocados três ninhos artificiais (Figura 2.1), denominados terrestre (quando colocados no solo), sub-bosque (no tronco de árvores, a 2 m do solo) e dossel (colocados na copa de árvores, a aproximadamente 15 m do solo).

Os ninhos foram feitos de fundos de garrafas plásticas verdes de dois litros, cobertos com folhagem seca do próprio chão para a camuflagem. No interior de cada ninho foi colocado um único ovo de codorna doméstica (*Cotornix cotornix*) preenchido com parafina. A utilização da parafina permite a identificação, através do padrão de mordedura, do tipo de predador.

Os ninhos foram monitorados diariamente durante treze dias em janeiro (estação úmida) e treze dias em julho (estação seca) no ano de 1998. Foram colocados no total 480 ovos, e observou-se a ocorrência de predação em cada um deles, sendo que foi tomado o cuidado de não substituí-los, a fim de evitar um possível condicionamento dos predadores.

As medidas relacionadas às vegetações foram coletadas dentro de cada estação, numa área de três metros quadrados, conforme descrições na próxima seção. Esses dados foram coletados com o intuito de caracterizar o tipo de vegetação predominante na borda e no interior da floresta.

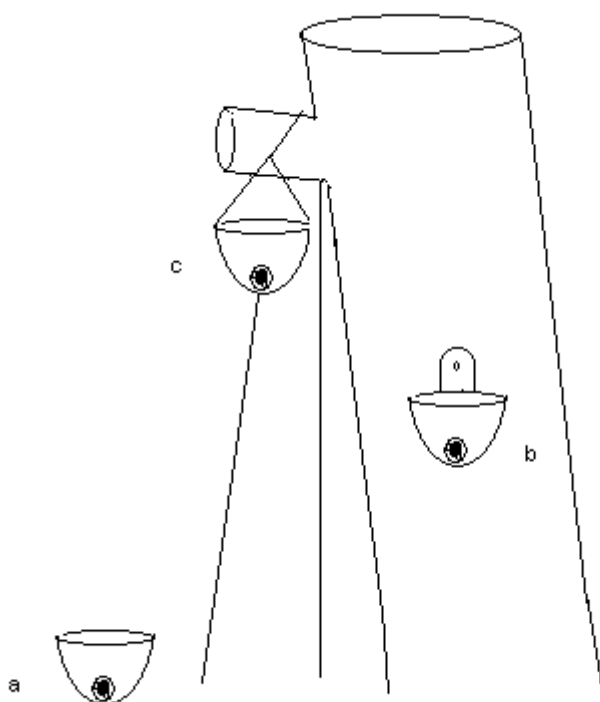


Figura 2.1 – Disposição dos ninhos artificiais nas estações (a = terrestre, b = sub-bosque e c = dossel).

3. DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS

As variáveis consideradas relacionadas à caracterização da vegetação e predação dos ovos estão listadas a seguir.

Ambiente: região onde foi colocado o ovo, borda (B) ou interior (I) da floresta.

Número do transecto: de 1 a 8.

Estação do ano: estação seca (S) ou úmida (U).

Número da estação: de 1 a 10.

Estrato: tipo de estratificação: terrestre (T), sub-bosque (S), dossel (D).

Média dos diâmetros das árvores nas estações: categorizada em baixa (B) que varia entre 5 a 15 cm, média (M) entre 16 a 26 cm e alta (A) entre 27 a 38 cm.

Número de árvores nas estações: categorizada em baixo (B) de 2 a 11 árvores, médio (M) de 12 a 21 e alto (A) de 22 a 32 árvores.

Altura do dossel: mede altura do dossel de cada árvore da estação, categorizada em baixa (B) que varia entre 9 a 13 m, média (M) de 14 a 18 m e alta (A) de 19 a 25 m.

Densidade do dossel: mede a conectividade da copa das árvores (dossel), categorizada em baixa (B) que varia entre 80% a 90% e alta (A) de 91% a 100%.

Densidade de lianas (cipós): categorizada em baixa (B) que varia entre 0 a 25% e alta (A) de 50% a 75%.

Densidade do sub-bosque: medida pela observação visual que caracteriza a conectividade da mata (sub-bosque), categorizada em baixa (B) de 0 a 32%, média (M) de 33% a 65% e alta (A) de 66% a 100%.

Número do indivíduo: variável utilizada para identificar os ovos (1 a 480).

Tempo: número de dias entre a colocação de um certo ovo e a sua predação ou o término do estudo (1 a 13).

As variáveis foram categorizadas pelo próprio pesquisador.

Além dessas, foi definida uma variável denominada **Status**, que indica se o ovo foi predado ou não. Essa variável assume o valor 1 caso tenha ocorrido predação e 0 caso contrário.

4. ANÁLISE EXPLORATÓRIA DOS DADOS

4.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DA AMOSTRA

Dos 480 ovos colocados nos ninhos 406 (85%) não foram predados até o término do estudo. A essas observações denominaremos *censuras*. Assim sendo, foram observadas apenas 74 (15%) predações. A Tabela A.1 apresenta o percentual de censuras segundo *Ambiente*, *Estrato*, *Estação do Ano* e *Transecto*. Pode-se notar que as censuras ocorrem de forma relativamente homogênea para os vários níveis apresentados.

Analisando os Gráficos B.1 a B.6, que mostram a distribuição das variáveis que caracterizam a vegetação em relação a *Ambiente*, podemos notar que aparentemente não existem diferenças entre *Borda* e *Interior* da floresta, segundo a média dos diâmetros das árvores nas estações e densidade do dossel. O *Ambiente Borda* caracteriza-se por um maior número de árvores, quando comparado ao *Ambiente Interior*, tendo apresentado estações com um número de árvores de 12 a 32. No *Interior* encontra-se densidade elevada do sub-bosque e alto dossel. A concentração de lianas se dá mais na *Borda* do que no *Interior* da floresta.

4.2 AVALIAÇÃO PRELIMINAR DA ASSOCIAÇÃO ENTRE TEMPO ATÉ A PREDACÃO E FATORES DE INTERESSE

Os Gráficos B.7 a B.21 apresentam estimativas de Kaplan-Meier (Kleinbaum (1996)) para as funções de sobrevivência. Estes gráficos mostram a evolução da proporção de ovos não predados em função do tempo. Foram determinados grupos

através das variáveis independentes *Ambiente*, *Estrato* e *Estação do Ano*. Também foram feitos gráficos para *Ambiente Borda* em relação ao *Estrato*, *Interior* em relação ao *Estrato*, *Estações Úmida* e *Seca* em relação à *Ambiente* e *Estratos*, separadamente dentro de cada *Ambiente*, em relação aos *Transectos*. O Gráfico B.7 mostra estimativas da proporção de ovos não predados em função do tempo (dias), para cada tipo de *Ambiente*.

A fim de não poluir visualmente os gráficos, não foram incluídos intervalos de confiança. Assim, para fornecer uma idéia comparativa dos grupos, foram feitos testes Log-Rank e Gehan- Wilcoxon (Venables and Ripley (1996)), apresentados nas Tabelas A.3 a A.5.

Os valores dos níveis descritivos apresentados na Tabela A.3 indicam que para a *Estação Seca*, as curvas de sobrevivência de *Ambiente* apresentam diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,037$) e segundo *Estação Úmida* não ocorrem diferenças entre as curvas ($p > 0,114$), sugerindo assim, a existência de interação entre *Ambiente* e *Estação do Ano*. Na Tabela A.4 os resultados dos testes evidenciam a existência de diferenças nas curvas de sobrevivência de *Estratos* ($p < 0,036$). Os resultados dos testes de Log-Rank ($p = 0,382$) e Gehan-Wilcoxon ($p = 0,453$) para a comparação das curvas de sobrevivência de *Estação do Ano* indicam que não existem diferenças entre *Estação Úmida* e *Seca*.

As estimativas do tempo médio de sobrevivência e respectivos desvios padrão para essas variáveis estão apresentados na Tabela A.2.

Analisando descritivamente o Gráfico B.7, observa-se que os ovos tendem, aparentemente, a sofrer maior predação no *Interior* da floresta. Isto pode ser atestado pelos testes apresentados na Tabela A.3.

Comparando o *Ambiente Borda* (Gráfico B.10), notamos que os *Estratos Terrestre* e *Sub-bosque* aparentam comportamentos semelhantes em relação ao tempo de sobrevivência; no Dossel, o risco de predação aparenta ser maior do que nos outros estratos ($p < 0,025$). No *Interior* (Gráfico B.11), os que apresentam semelhanças são *Terrestre* e *Dossel* e no *Sub-bosque* temos a indicação de que o risco é menor ($p < 0,036$). Na *Estação Seca* (Gráfico B.12) o risco de predação é maior no *Interior* da floresta ($p < 0,037$). Já na *Estação Úmida* (Gráfico B.13), aparentemente ocorre o

mesmo, mas com base nos resultados da Tabela A.3 não existem diferenças significativas entre os ambientes ($p > 0,114$).

4.3 COMPARAÇÃO DOS *TRANSECTOS*

Os *Transectos*, sendo regiões separadas por uma distância de 200 m, podem, eventualmente, sofrer a ação de diferentes tipos de predadores. Desta forma, optamos por analisá-los separadamente (Gráficos B.14 e B.15). *Transectos* de números 1 a 4 referem-se à região de *Borda* enquanto que os demais, referem-se ao *Interior*. Vale notar que não foram detectadas diferenças nos tempos de sobrevivência em nenhuma situação.

Para cada *Estrato* os *Transectos*, aparentemente, não apresentaram evidências de diferenças, tanto na *Borda* (Gráficos B.16 a B.18) quanto no *Interior* (Gráficos B.19 a B.21).

A Tabela A.5 apresenta os valores dos níveis descritivos dos testes de comparação das curvas de sobrevivência de *Transecto*, segundo os grupos de interesse. Podemos confirmar que não existem diferenças significativas entre as curvas ($p > 0,135$).

Construímos *boxplots* para as variáveis que caracterizam a vegetação a fim de verificar a existência de homogeneidade entre os *Transectos* em cada um dos *Ambientes*, segundo características da vegetação. Observamos nas Figuras C.2, C.4 e C.6 que aparentemente não existem diferenças ($p > 0,050$). Na Figura C.3 observamos que aparentemente só existem diferenças na *Densidade do Sub-bosque* para os *Transectos* do *Interior* ($p = 0,001$), e nas Figuras C.1 e C.5 existem diferenças tanto para os *Transectos* da *Borda* como para os do *Interior* da floresta ($p < 0,018$). Na Tabela A.6 observamos os níveis descritivos da análise de variância, feita para verificar o efeito dos *Transectos*, que reforça as conclusões obtidas anteriormente. Desta forma, decidimos incluir na análise a seguir as variáveis *Número de Árvores*, *Densidade do Dossel* e a interação entre a *Densidade do Sub-bosque* e *Ambiente*.

Baseando-se nas estimativas e nos resultados dos testes discutidos anteriormente, existem evidências que o tempo de sobrevivência dos ovos na floresta

está associado com *Ambiente* e *Estrato* ($p < 0,010$) mas não com *Estação do Ano* e *Transecto* ($p > 0,135$).

5. ANÁLISE INFERENCIAL

Com a finalidade de comparar os *Ambientes Borda* e *Interior* da floresta, controlando conjuntamente por outros fatores (tais como características da floresta, etc), procedemos à modelagem dos tempos até predação utilizando o modelo de riscos proporcionais de Cox estratificando por *Transecto* (Kleinbaum (1996)). O modelo estratificado assume que os riscos são proporcionais dentro de cada *Transecto*, dando assim maior respaldo ao uso do modelo de riscos proporcionais.

No modelo inicial ajustado incluímos as variáveis independentes que apresentaram diferenças significativas entre os sub-grupos por elas definidos, segundo os resultados dos testes Log-Rank e Gehan-Wilcoxon anteriormente apresentados. Além disso, foram também incluídas variáveis que caracterizam a vegetação, quando estas se mostraram importantes conforme sugerido na análise de variância apresentada na seção anterior. Também foram incluídas algumas interações de interesse.

A estratégia de análise consistiu em ajustarmos um modelo com todos os fatores (e interações correspondentes), eliminando-se primeiro aquelas interações não significativas (isto é, com nível descritivo superior a 0,05). Após a obtenção de um modelo com o menor número possível de interações, verificamos os fatores individuais que não estavam envolvidos nas interações estaticamente significativas. A seqüência de modelos obtidos, com correspondentes níveis descritivos encontra-se no Apêndice D. No Modelo Completo, as interações entre as variáveis independentes apresentaram nível descritivo não significativo ($p > 0,420$), exceto para a interação entre *Estação do Ano* e a variável indicadora do *Estrato Sub-Bosque* (denotada por X2) ($p = 0,013$). O *Número de Árvores* e *Densidade do Dossel* foram retirados do modelo pois resultaram não significativos ($p > 0,110$) (Modelo 1 e 2, respectivamente, Apêndice D).

Tabela 5.1 – Riscos Relativos (RR) obtidos como resultado da análise com o modelo de riscos proporcionais de Cox.

Variável	RR	IC - inferior 95%	IC - superior 95%	Nível Descritivo
Ambiente	1,87	1,16	3,00	0,010
X1	1,68	1,03	2,63	0,037
Seca Outros Estratos	1,11	0,69	1,78	0,670
Seca Sub-Bosque	0,17	0,04	0,70	0,014

O Modelo 3 apresenta estimativas e níveis descritivos do modelo final obtido de onde concluímos que existem evidências de que a predação de ovos na floresta está relacionada com as variáveis *Ambiente*, *Estrato Dossel* e a interação entre *Estação do Ano* e a variável indicadora do *Estrato Sub-Bosque* (X2). Para melhor entendermos como ocorrem essas relações, ajustamos um novo modelo e calculamos os riscos relativos (RR) e correspondentes intervalos de confiança, que podem ser vistos na Tabela 5.1. Através desses valores, observamos que no *Interior* da floresta o risco de predação de ovos é quase o dobro em relação ao da *Borda* (RR igual a 1,87, com intervalo de confiança de 95% igual a [1,16; 3,00]). Para o *Estrato Dossel* o risco de predação é 68% maior que em relação ao *Estrato Terrestre*, (RR igual a 1,68 e intervalo de confiança igual a [1,03; 2,63]). Nos *Estratos Terrestre* e *Dossel* não existem diferenças significativas para o risco de predação entre as *Estações do Ano* ($p=0,670$). Já para o *Estrato Sub-Bosque* o risco na *Estação Seca* é 17% do valor do risco na *Estação Úmida* (RR igual a 0,17 e [0,04; 0,70]).

O modelo de riscos proporcionais de Cox supõe que as funções de risco dos grupos são proporcionais ao longo do tempo. A verificação dessas suposições encontram-se no Apêndice E.

6. CONCLUSÕES

A análise descritiva evidenciou que existem diferenças na sobrevivência dos ovos para as variáveis *Ambiente*, *Estação do Ano* em relação à *Ambiente*, *Estrato*, *Interior* em relação ao *Estrato* e *Borda* em relação ao *Estrato*. O modelo de riscos proporcionais de Cox estratificado foi ajustado aos dados observados e, detectamos que a predação dos ovos na floresta está relacionada com o *Ambiente*, o *Estrato* e a *Estação do Ano* no *Estrato Sub-Bosque*. As variáveis que caracterizam a vegetação não mostraram influência estatisticamente significativa na predação ovos.

APÊNDICE A

TABELAS

Tabela A.1 – Observações censuradas por variável

Variável	Grupo	N°. Ovos	% censuras
<i>Ambiente</i>	Borda	240	89
	Interior	240	80
<i>Estrato</i>	Terrestre	160	86
	Sub-bosque	160	91
	Dossel	160	77
<i>Estação do Ano</i>	Úmida	240	83
	Seca	240	86
<i>Transecto</i>	1	60	93
	2	60	92
	3	60	82
	4	60	88
	5	60	87
	6	60	77
	7	60	77
	8	60	82

Tabela A.2 – Estimativas para o tempo de permanência dos ovos nos ninhos

Variável	Grupo	N°. Ovos	Tempo Médio (dias)	Desvio Padrão
<i>Ambiente</i>	Borda	240	12,43	2,16
	Interior	240	11,85	2,79
<i>Estrato</i>	Terrestre	160	12,13	2,44
	Sub-bosque	160	12,59	1,75
	Dossel	160	11,69	3,09
<i>Estação do Ano</i>	Úmida	240	12,22	2,32
	Seca	240	12,05	2,69
<i>Transecto</i>	1	60	12,57	1,91
	2	60	12,77	1,21
	3	60	11,95	2,92
	4	60	12,43	2,20
	5	60	12,25	2,17
	6	60	11,53	3,07
	7	60	11,37	3,88
	8	60	12,23	1,99

Tabela A.3 - Valores dos níveis descritivos dos testes de comparação das curvas de sobrevivência de *Ambiente*, segundo *Estação do Ano*

Estação do Ano	Log-Rank	Gehan-Wilcoxon
Úmida	0,114	0,116
Seca	0,037	0,035

Tabela A.4 - Valores dos níveis descritivos dos testes de comparação das curvas de sobrevivência de *Estrato*, segundo *Ambiente*

Ambiente	Log-Rank	Gehan-Wilcoxon
Interior	0,036	0,035
Borda	0,025	0,024

Tabela A.5 - Valores dos níveis descritivos dos testes de comparação das curvas de sobrevivência de *Transecto*, segundo os grupos de interesse

Grupos	Log-Rank	Gehan-Wilcoxon
Borda	0,176	0,168
Interior	0,422	0,376
Borda/Terrestre	0,138	0,135
Borda/Sub-bosque	0,887	0,887
Borda/Dossel	0,813	0,797
Interior/Terrestre	0,656	0,701
Interior/Sub-bosque	0,740	0,761
Interior/Dossel	0,163	0,135

Tabela A.6 - Valores dos níveis descritivos para a comparação dos *Transectos* da *Borda* e *Interior* em relação as variáveis que caracterizam a vegetação

Variável	Borda	Interior
Média dos Diâmetros das Árvores	0,065	0,050
Número de Árvores	0,013	0,000
Altura do Dossel	0,102	0,233
Densidade do Dossel	0,018	0,000
Densidade de Lianas	0,279	0,796
Densidade do Sub-bosque	0,783	0,001

APÊNDICE B
GRÁFICOS

Gráfico B.1 – Distribuição da *Média do Diâmetro das Árvores* por Ambiente

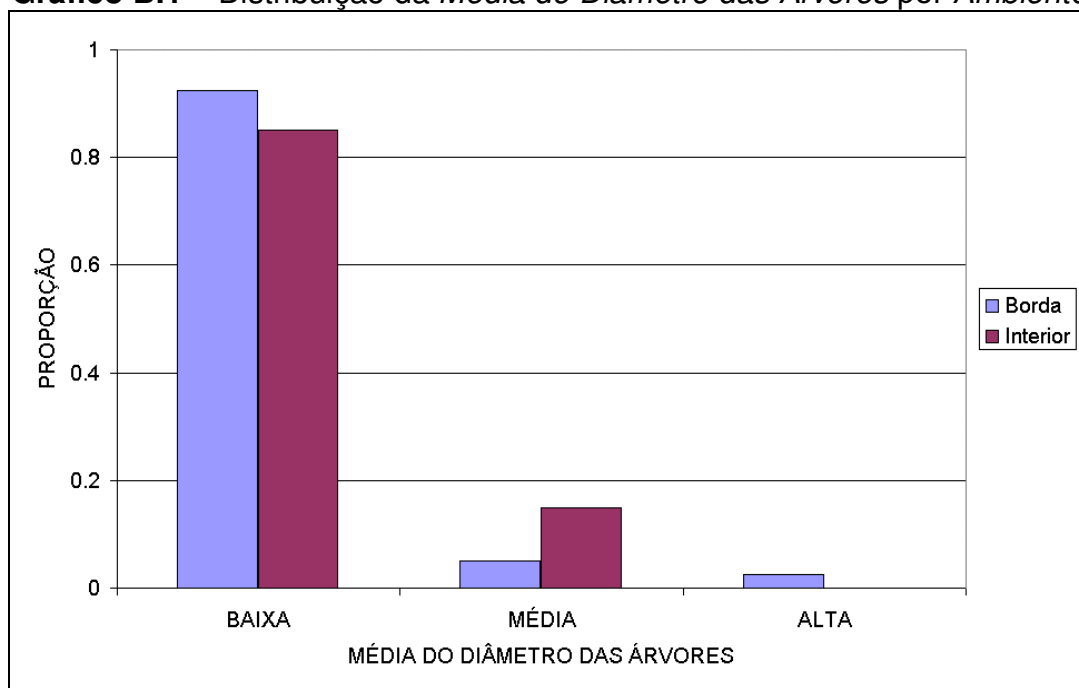


Gráfico B.2 – Distribuição do *Número de Árvores* por Ambiente

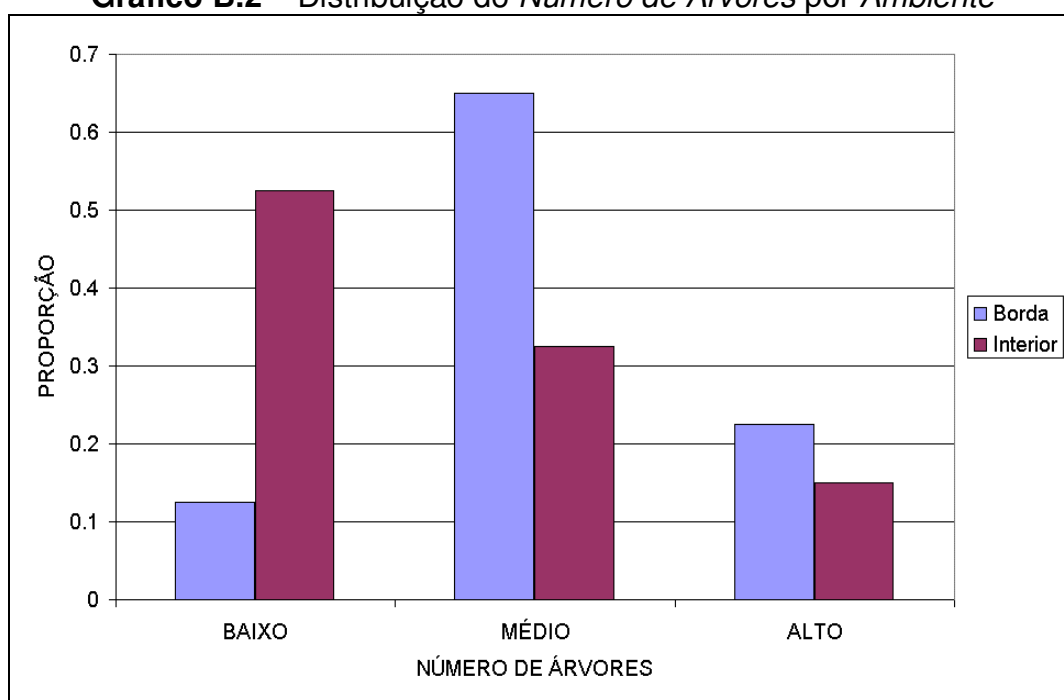


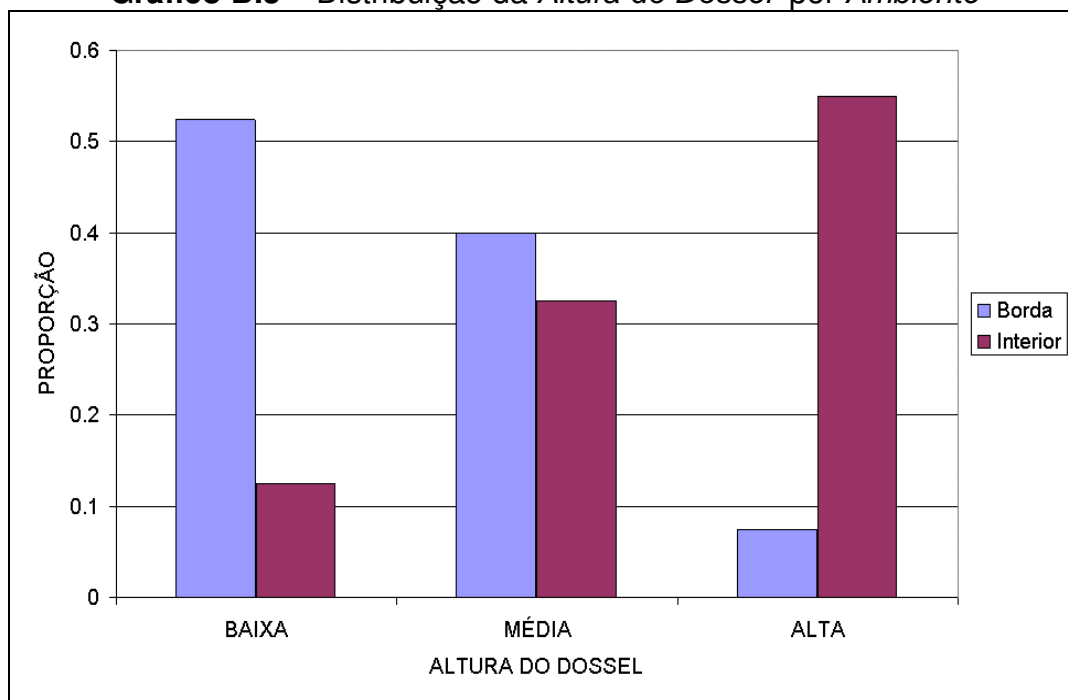
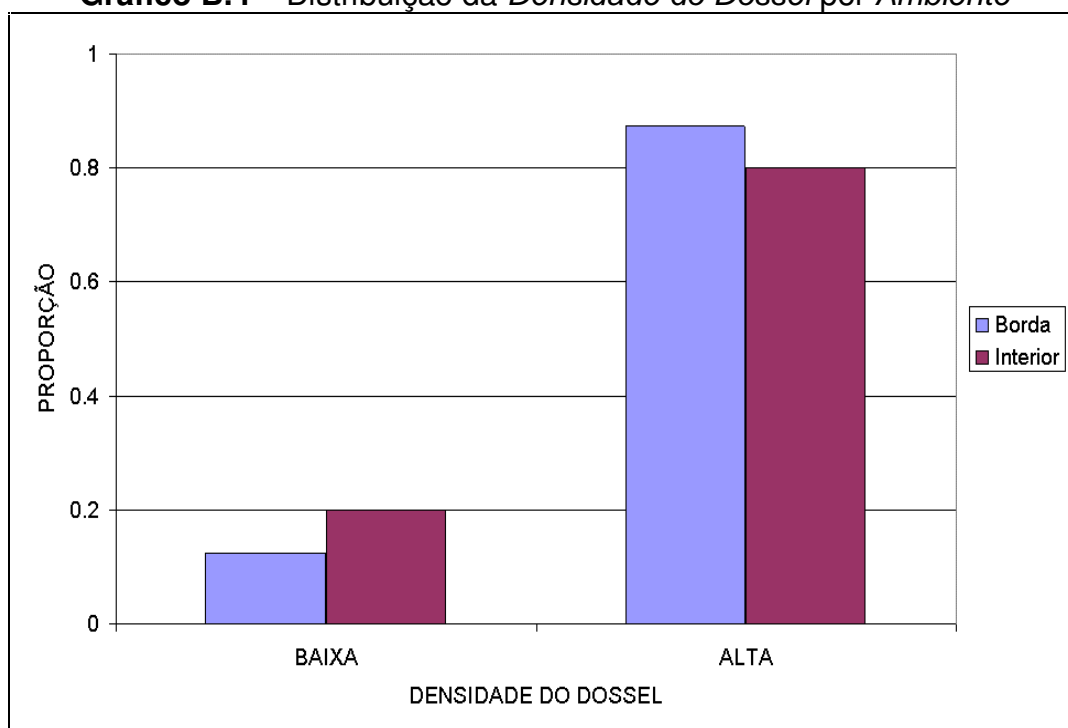
Gráfico B.3 – Distribuição da *Altura do Dossel* por Ambiente**Gráfico B.4 – Distribuição da *Densidade do Dossel* por Ambiente**

Gráfico B.5 – Distribuição da *Densidade de Lianas* por Ambiente

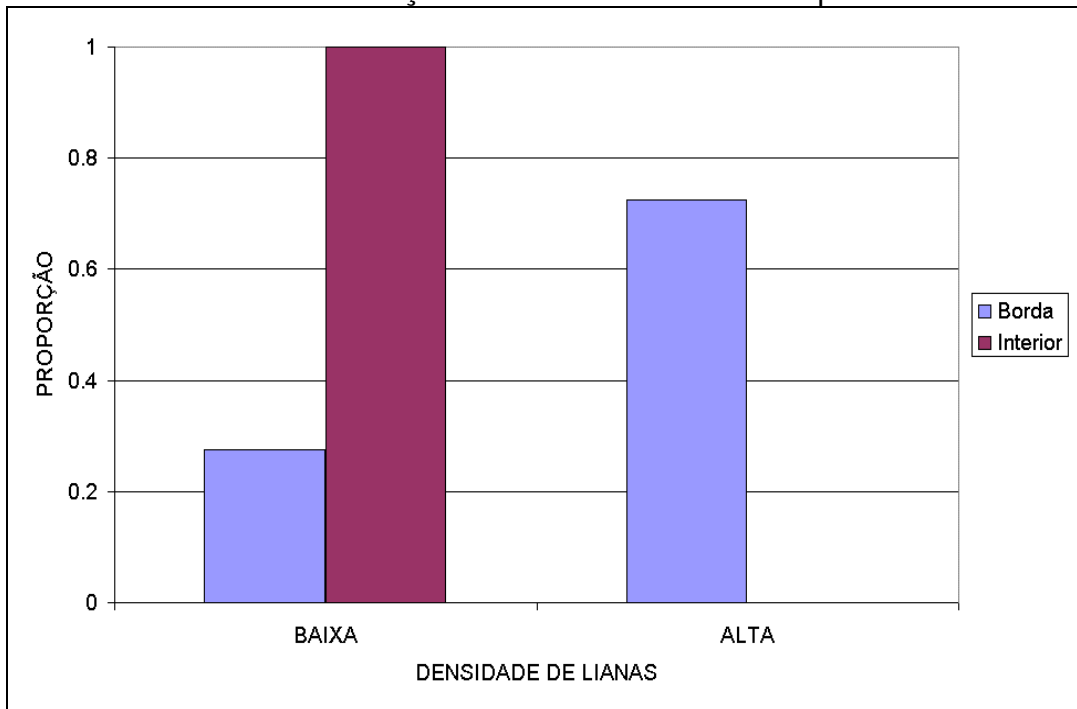


Gráfico B.6 – Distribuição da *Densidade do Sub-bosque* por Ambiente

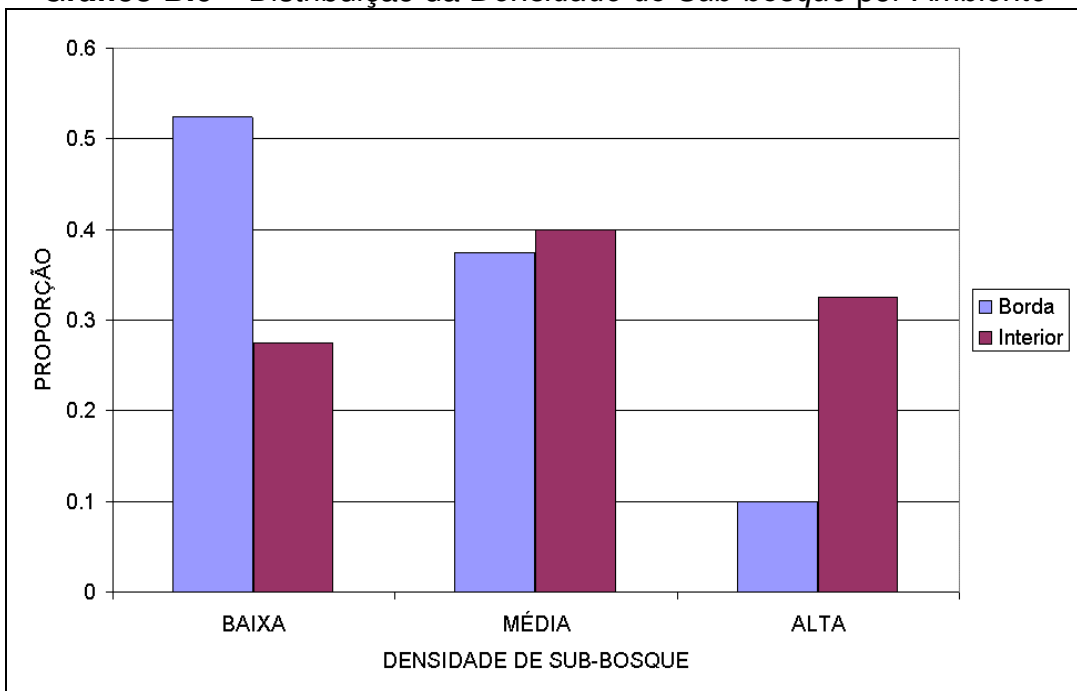


Gráfico B.7 – Estimativas de Kaplan-Meier para as funções de sobrevivência por *Ambiente*

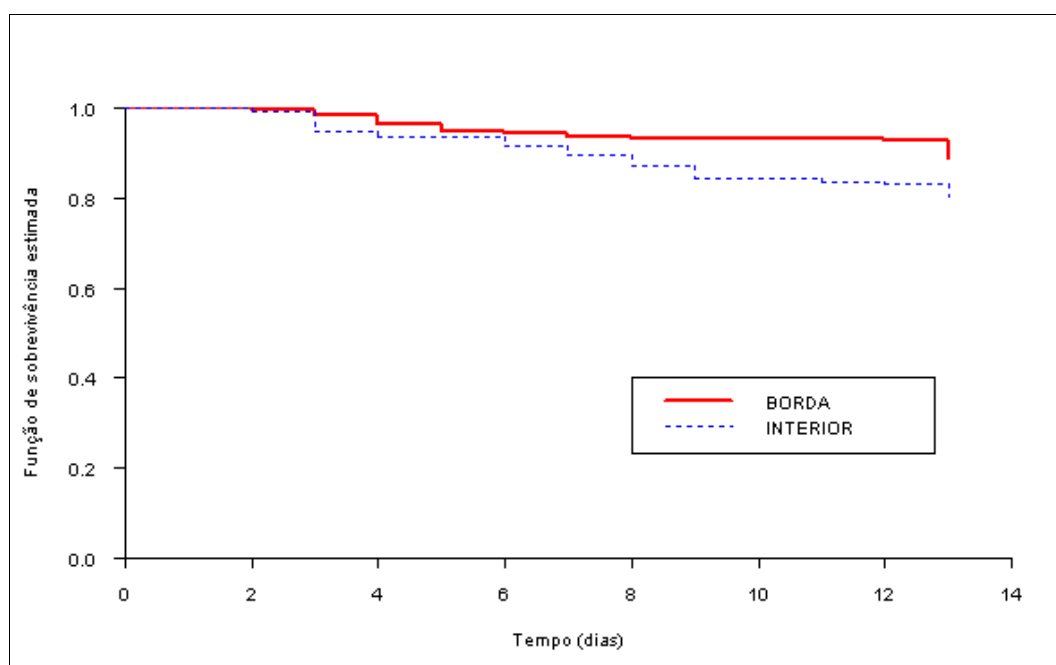


Gráfico B.8 – Estimativas de Kaplan-Meier para as funções de sobrevivência por *Estrato*

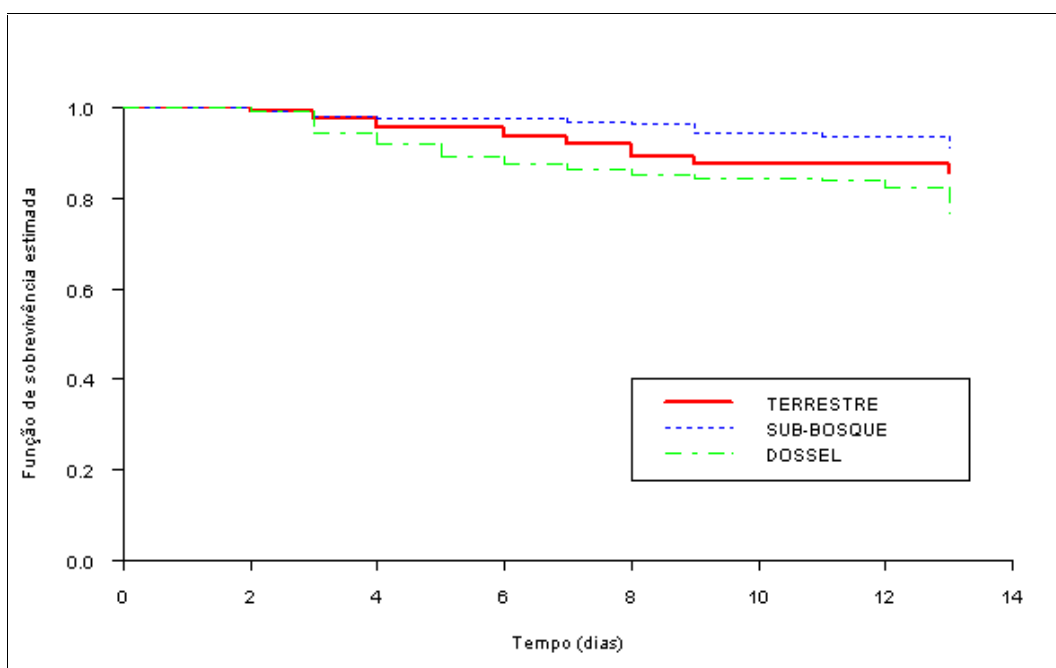


Gráfico B.9 – Estimativas de Kaplan-Meier para as funções de sobrevivência por *Estação do Ano*

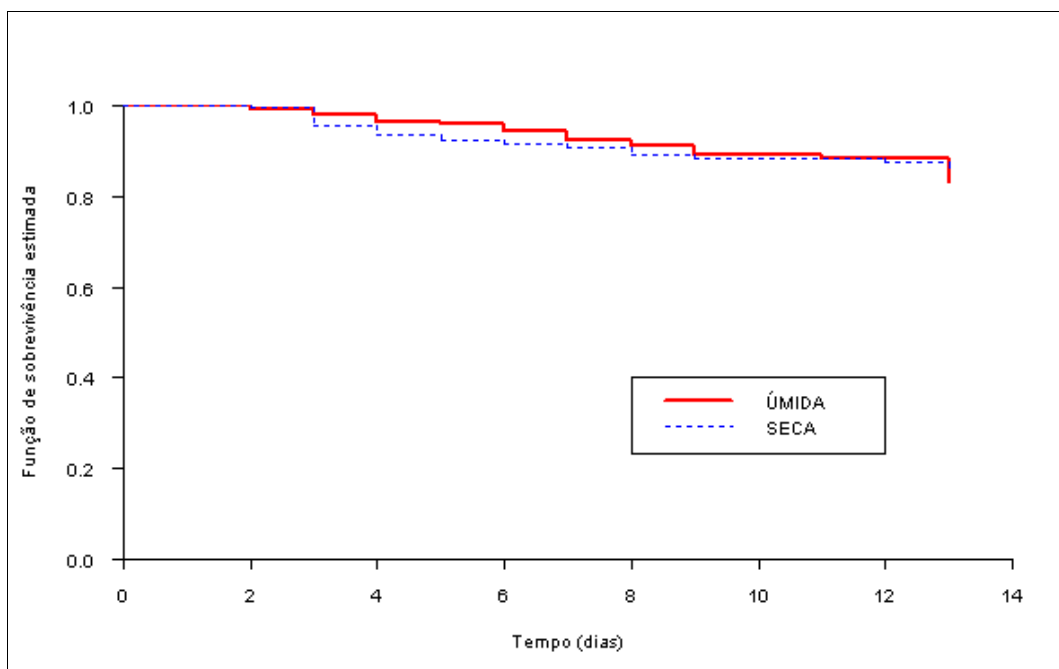


Gráfico B.10 – Estimativas de Kaplan-Meier para as funções de sobrevivência por *Estrato na Borda*

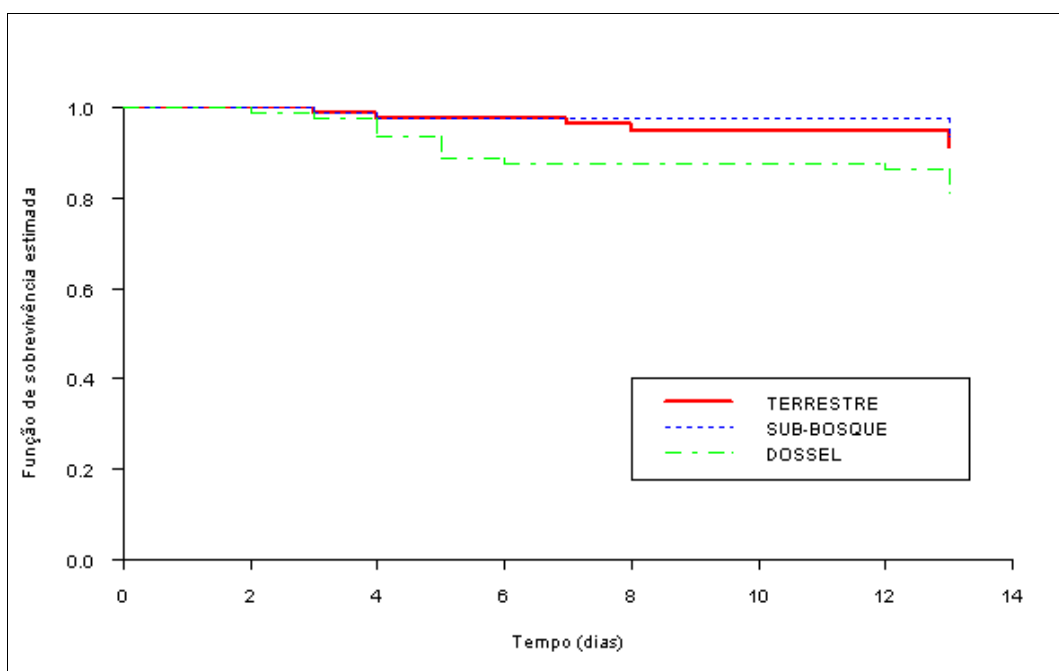


Gráfico B.11 – Estimativas de Kaplan-Meier para as funções de sobrevivência por *Estrato no Interior*

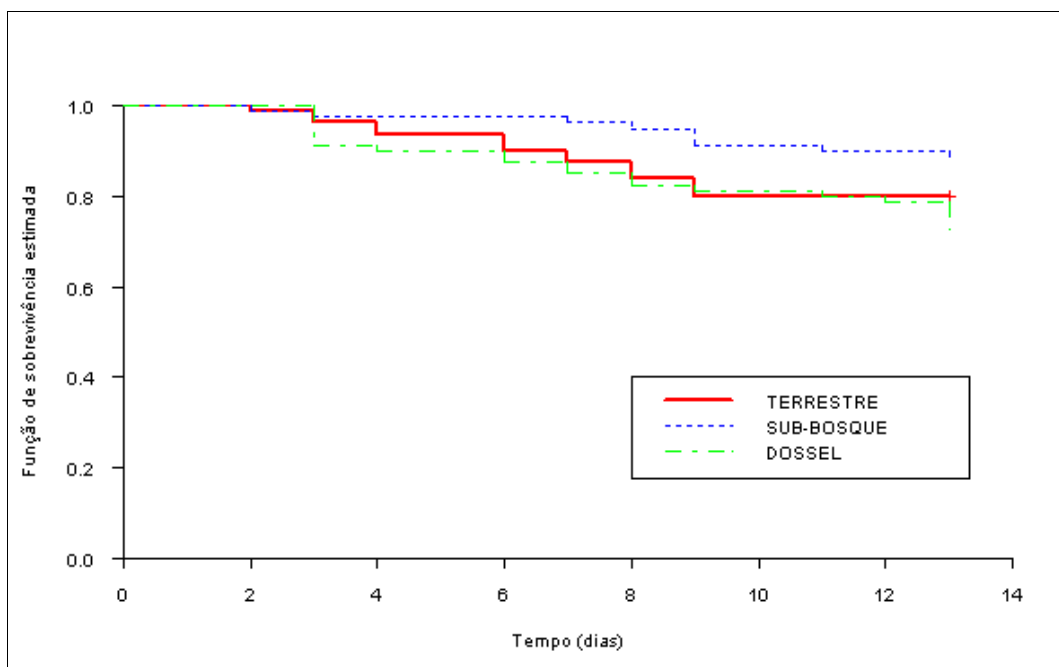


Gráfico B.12 – Estimativas de Kaplan-Meier para as funções de sobrevivência por Ambiente na *Estação Seca*

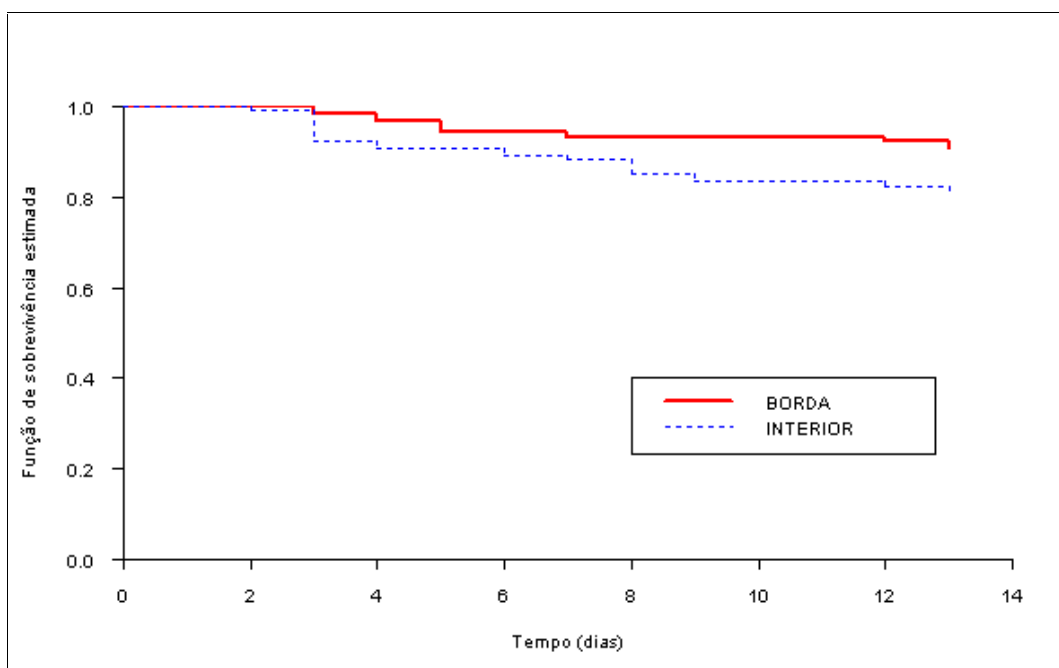


Gráfico B.13 – Estimativas de Kaplan-Meier para as funções de sobrevivência por *Ambiente* na *Estação Úmida*

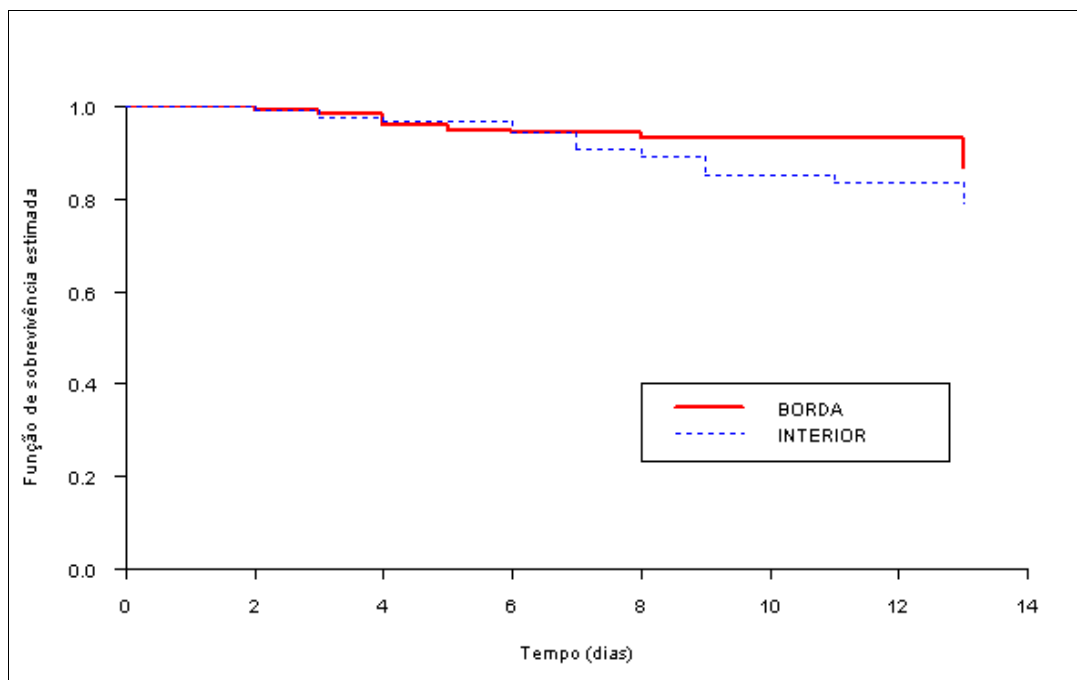


Gráfico B.14 - Estimativas de Kaplan-Meier para as funções de sobrevivência por *Transecto* na *Borda*

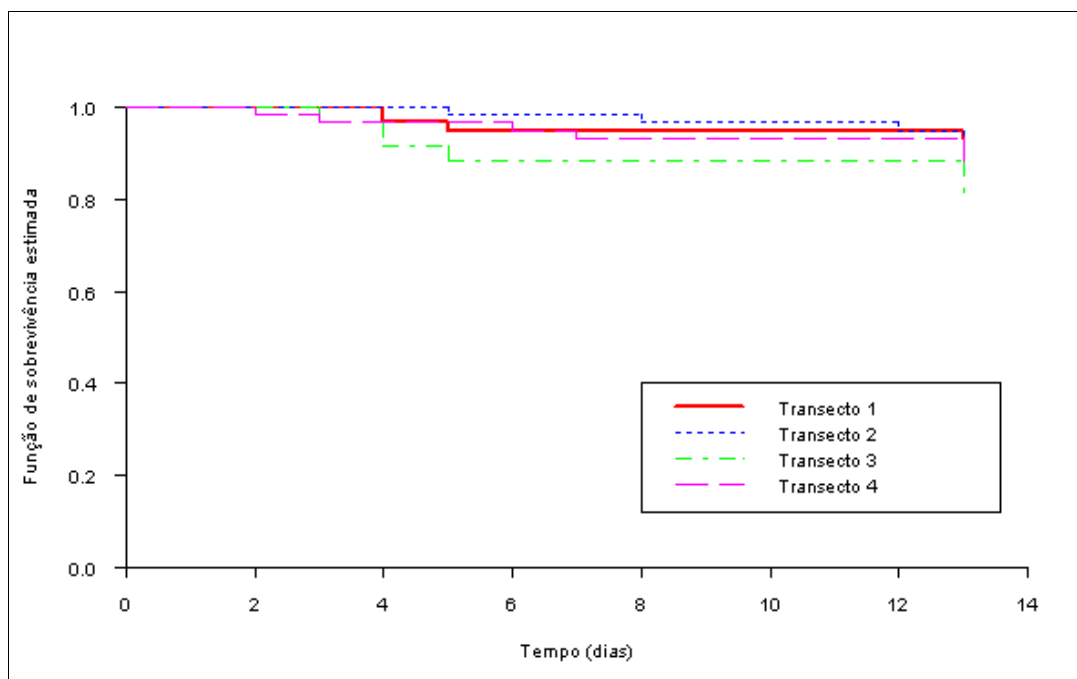


Gráfico B.15 – Estimativas de Kaplan-Meier para as funções de sobrevivência por *Transecto no Interior*

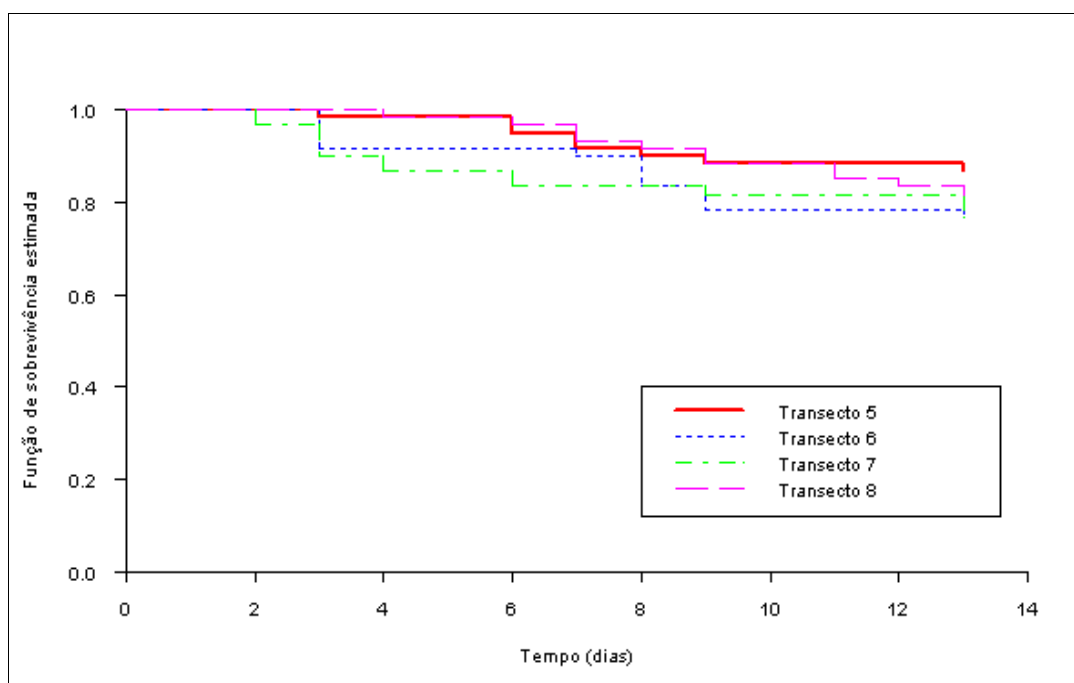


Gráfico B.16 – Estimativas de Kaplan-Meier para as funções de sobrevivência por *Transecto na Borda/Terrestre*

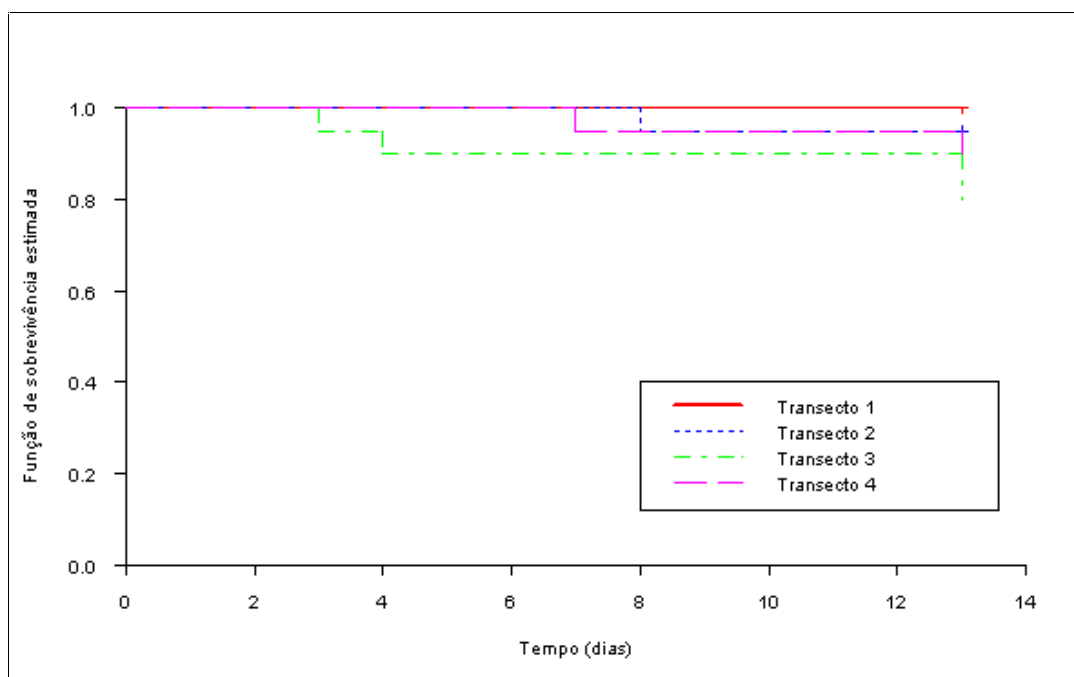


Gráfico B.17 – Estimativas de Kaplan-Meier para as funções de sobrevivência por *Transecto* na *Borda/Sub-bosque*

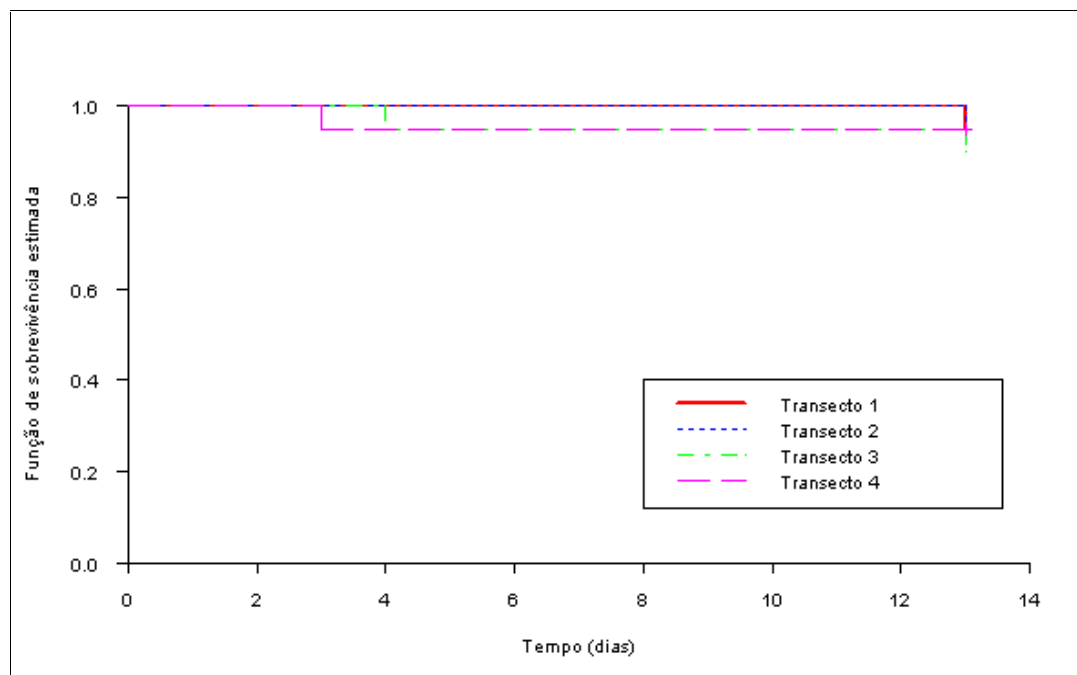


Gráfico B.18 – Estimativas de Kaplan-Meier para as funções de sobrevivência por *Transecto* na *Borda/Dossel*

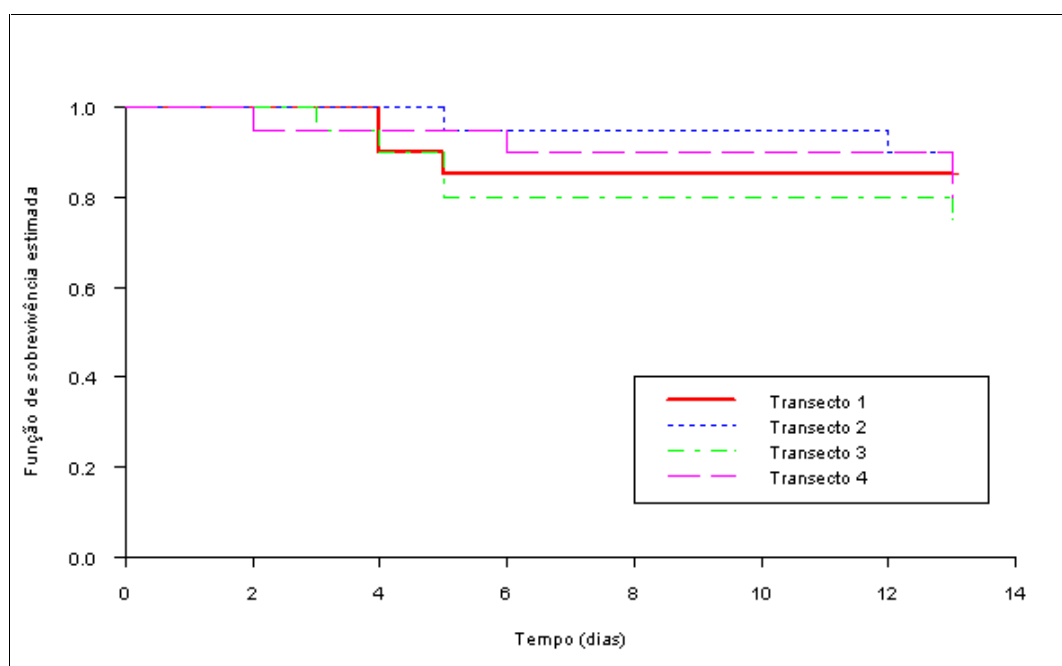


Gráfico B.19 – Estimativas de Kaplan-Meier para as funções de sobrevivência por *Transecto* no *Interior/Terrestre*

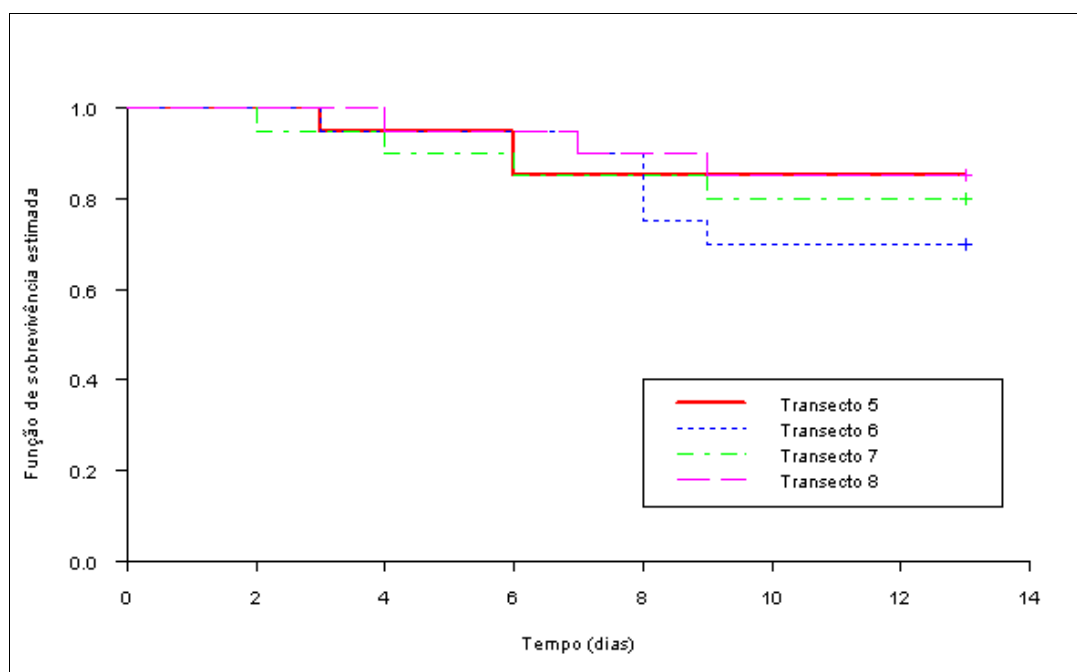


Gráfico B.20 – Estimativas de Kaplan-Meier para as funções de sobrevivência por *Transecto* no *Interior/Sub-bosque*

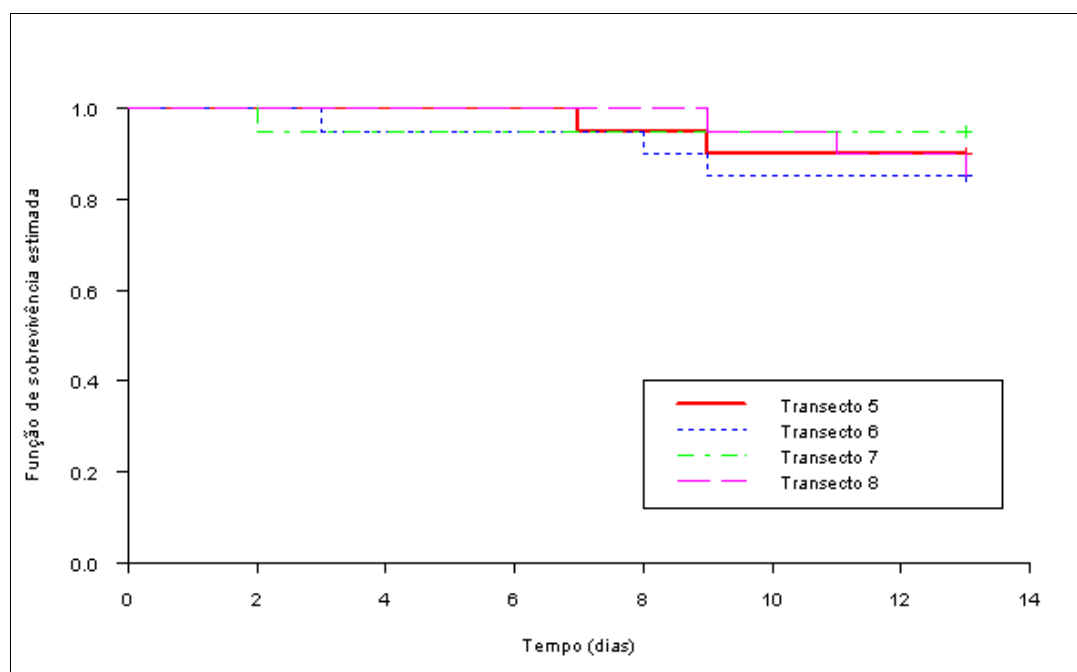
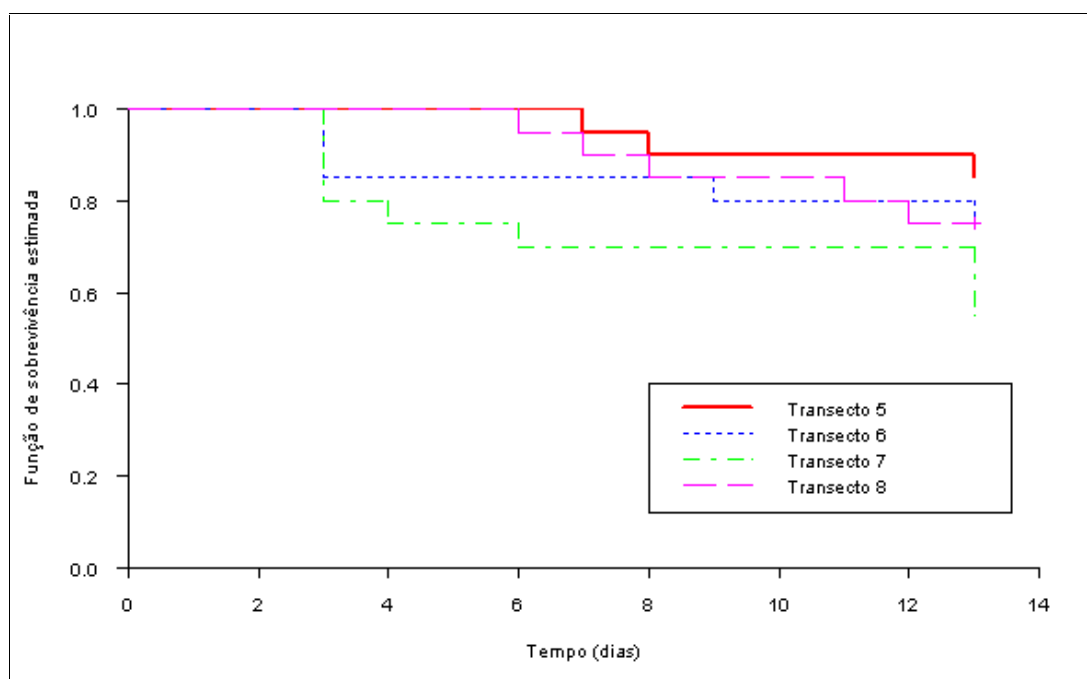


Gráfico B.21 – Estimativas de Kaplan-Meier para as funções de sobrevivência por *Transecto* no *Interior/Dossel*



APÊNDICE C
BOXPLOTS

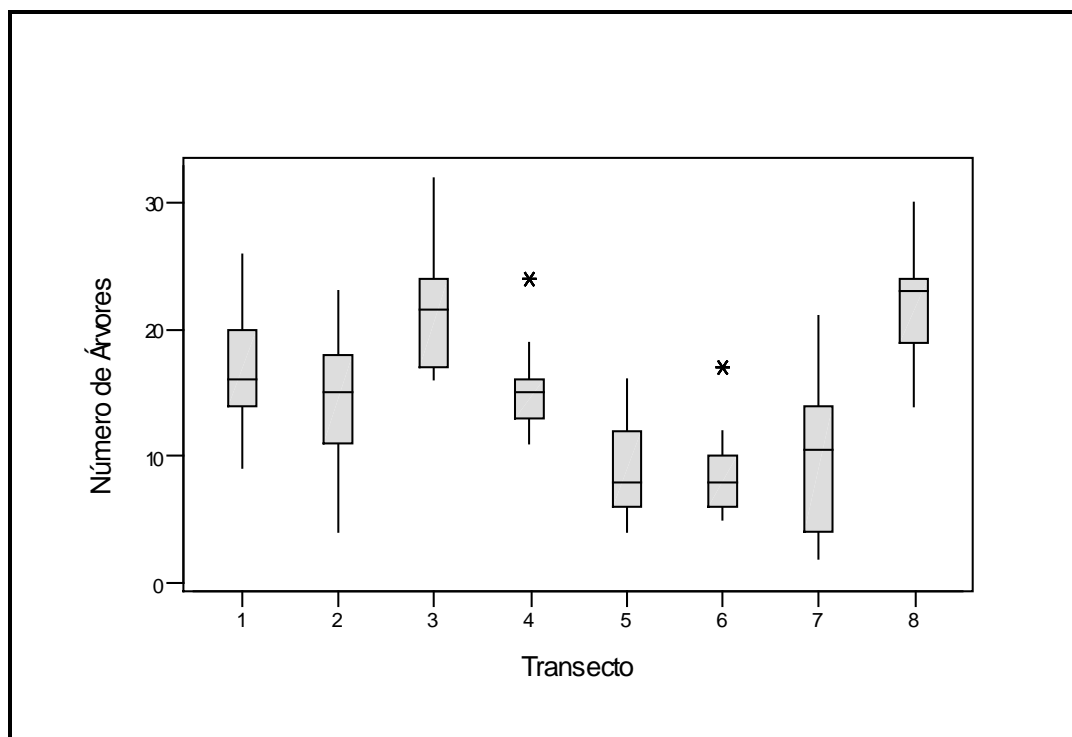
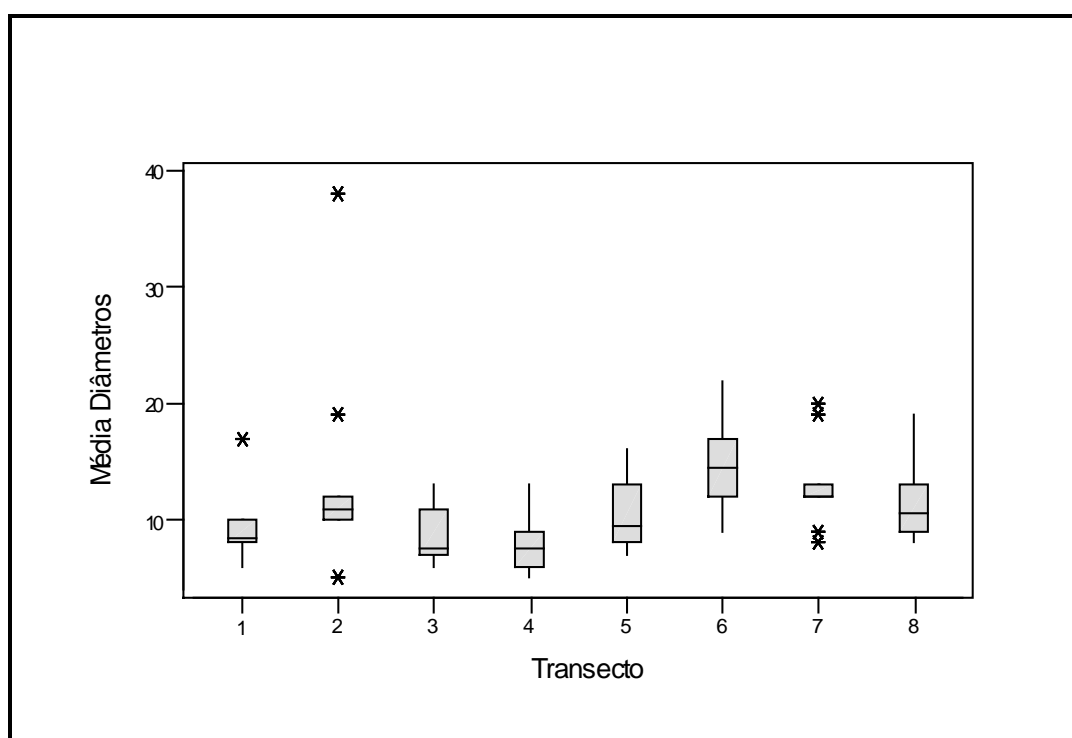
Figura C.1 – Boxplots do *Número de Árvores* por *Transecto***Figura C.2** – Boxplots da *Média dos Diâmetros das Árvores* por *Transecto*

Figura C.3 – Boxplots da *Densidade do Sub-bosque* por *Transecto*

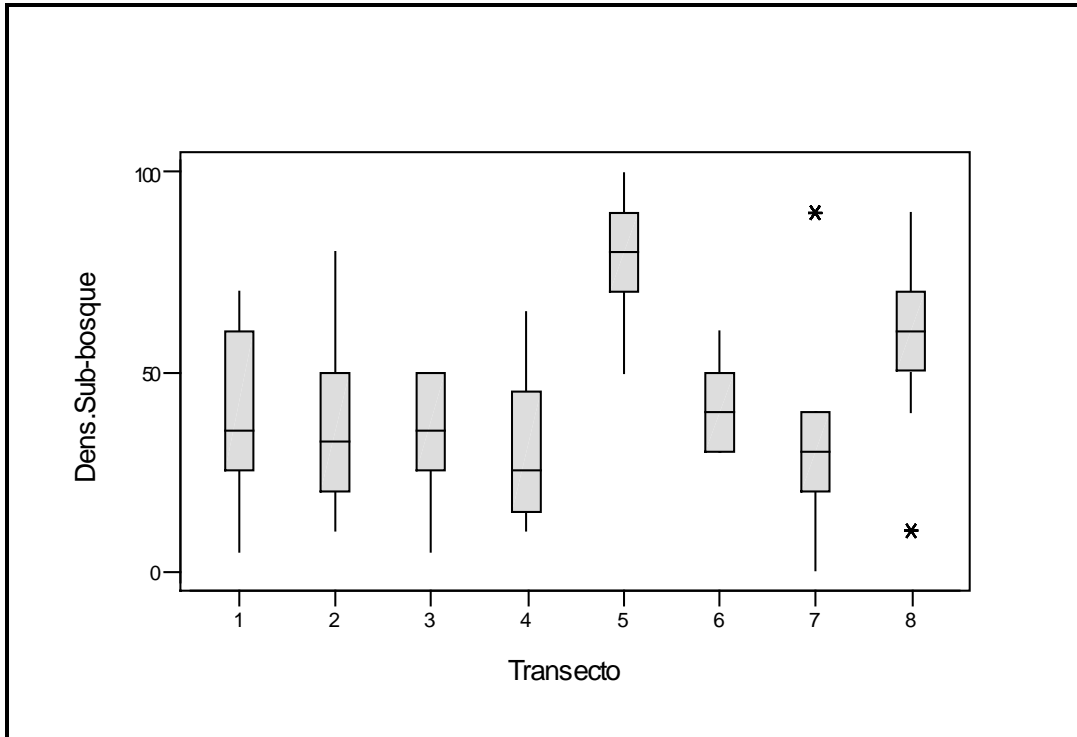


Figura C.4 – Boxplots da *Densidade de Lianas* por *Transecto*

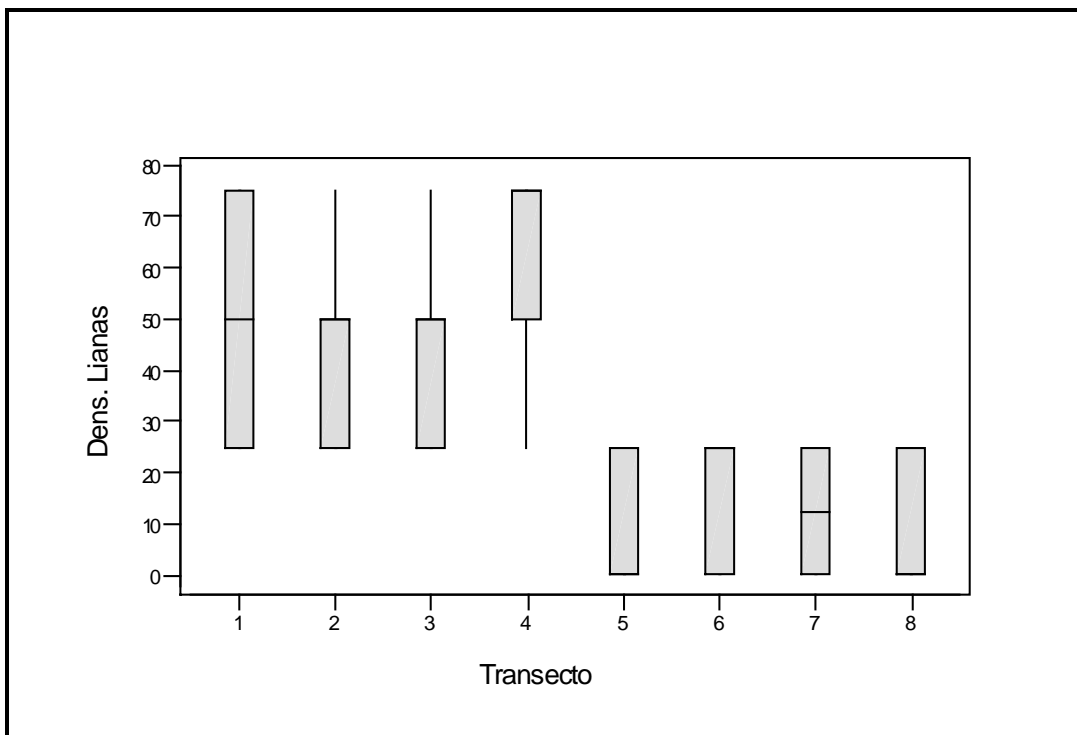
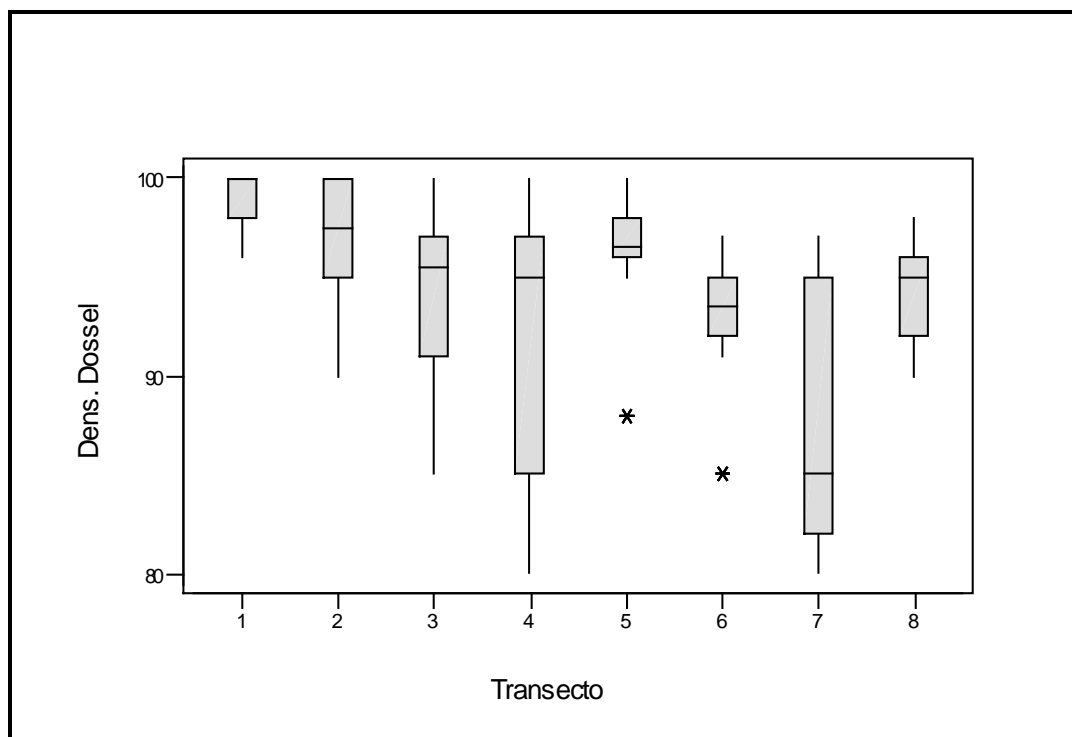
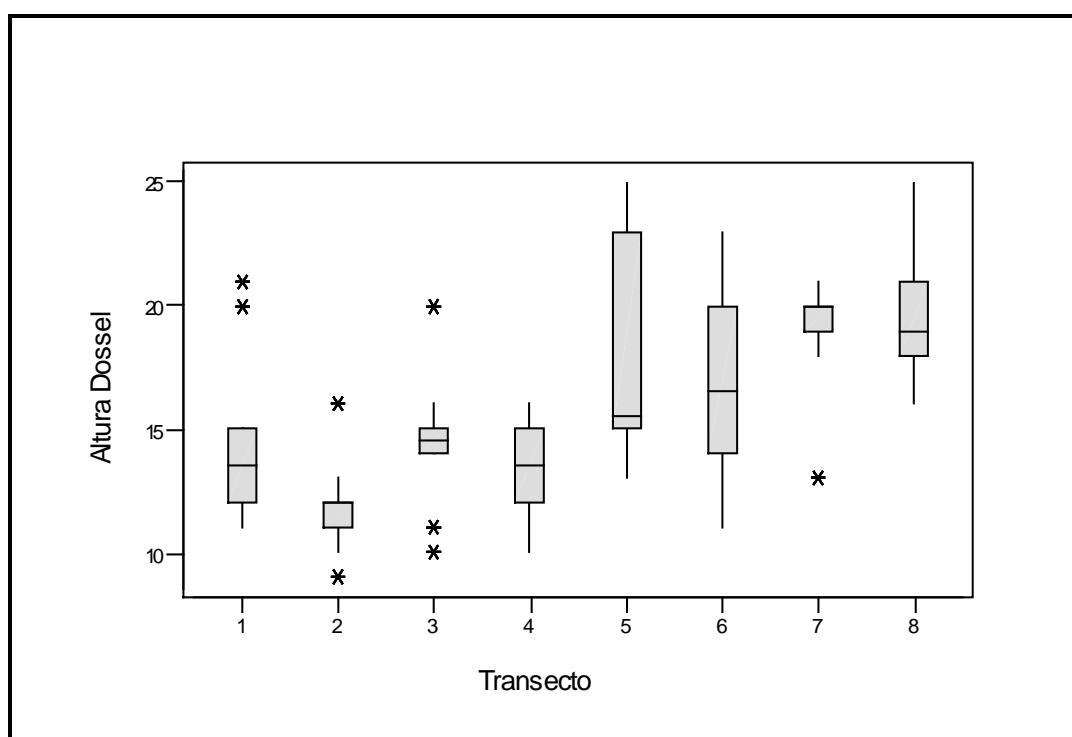


Figura C.5 – Boxplots da *Densidade do Dossel* por *Transecto***Figura C.6** – Boxplots da *Altura do Dossel* por *Transecto*

APÊNDICE D

MODELOS

MODELO DE RISCOS PROPORCIONAIS DE COX ESTRATIFICADO POR
TRANSECTO

Função de riscos proporcionais

$$h_g(t, x_i) = h_{0g}(t) \exp\left(\beta' x_i\right)$$

onde $g=1,2,3,4$ e $i=1,\dots,480$

$h_{0g}(t)$ - função de risco padrão por Transecto

β - vetor de parâmetros

x_i - vetor de covariadas para cada indivíduo

Para os modelos abaixo as variáveis assumem os seguintes valores:

Ambiente: 1 – Interior, 0 – Borda

Estação do Ano: 1 – Estação Seca, 0 – Estação Úmida

X1: 1 – Estrato Dossel, 0 – Caso contrário

X2: 1 – Estrato Sub-bosque, 0 – Caso contrário

Modelo Completo

Variável	Coefficiente	Erro Padrão	Estatística do Teste	Nível Descritivo
Ambiente	0,94	0,74	1,27	0,200
Estação do Ano	0,10	0,55	0,17	0,860
X1	0,99	0,52	1,87	0,062
X2	0,25	0,64	0,39	0,690
Dens. Dossel	-0,05	0,03	-1,91	0,056
Nº. de Árvores	0,03	0,02	1,24	0,210
Dens. Sub-bosque	-0,01	0,01	-0,50	0,620
Ambiente * Estação do Ano	0,35	0,52	0,69	0,490
Ambiente * X1	-0,45	0,57	-0,80	0,420
Ambiente * X2	-0,12	0,75	-0,15	0,880
Estação do Ano* X1	-0,35	0,54	-0,65	0,520
Estação do Ano* X2	-2,18	0,87	-2,49	0,013
Dens. Sub-bosque * Ambiente	-0,00	0,01	-0,23	0,820

Modelo 1

Variável	Coefficiente	Erro Padrão	Estatística do Teste	Nível Descritivo
Ambiente	0,58	0,27	2,15	0,032
Estação do Ano	0,11	0,26	0,44	0,660
X1	0,51	0,27	1,93	0,053
X2	0,07	0,38	0,17	0,860
Dens. Dossel	-0,04	0,03	-1,77	0,077
Nº. de Árvores	0,02	0,02	0,92	0,360
Estação do Ano* X2	-1,96	0,81	-2,43	0,015

Modelo 2

Variável	Coefficiente	Erro Padrão	Estatística do Teste	Nível Descritivo
Ambiente	0,45	0,25	1,97	0,049
Estação do Ano	0,11	0,26	0,41	0,680
X1	0,52	0,27	1,97	0,049
X2	0,07	0,38	0,18	0,850
Dens. Dossel	-0,04	0,02	-1,60	0,110
Estação do Ano* X2	-1,95	0,81	-2,42	0,016

Modelo 3

Variável	Coeficiente	Erro Padrão	Estatística do Teste	Nível Descritivo
Ambiente	0,63	0,24	2,59	0,010
Estação do Ano	0,12	0,26	0,46	0,640
X1	0,52	0,27	1,96	0,051
X2	0,07	0,38	0,18	0,850
Estação do Ano* X2	-1,96	0,81	-2,43	0,015

Modelo Final

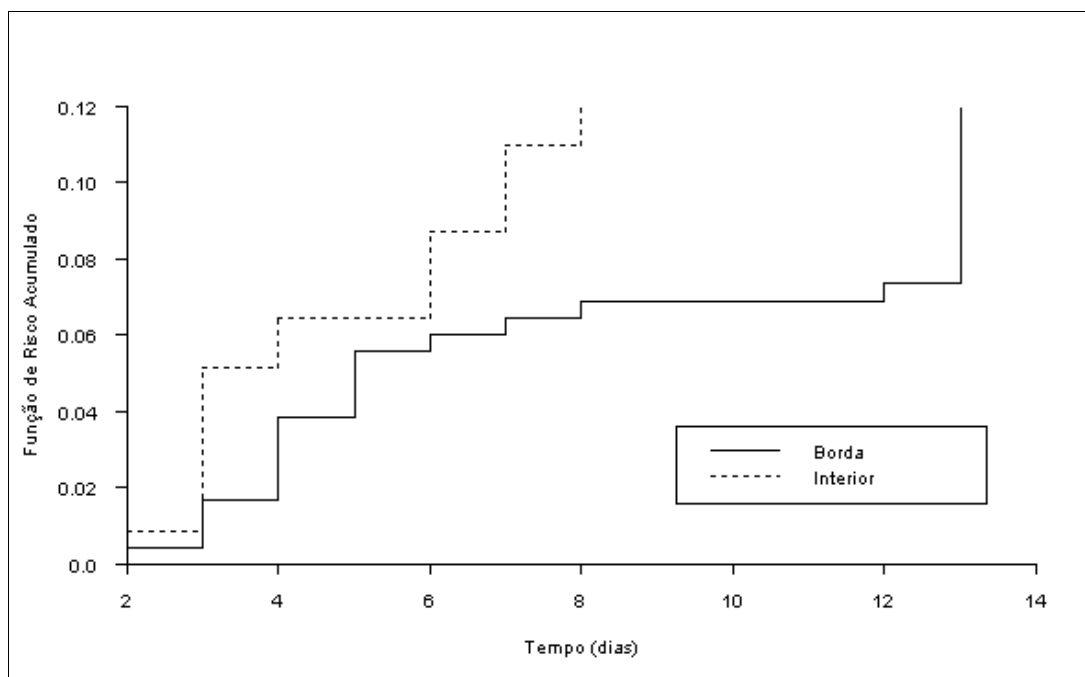
Variável	Coeficiente	Erro Padrão	Estatística do Teste	Nível Descritivo
Ambiente	0,63	0,24	2,59	0,010
X1	0,50	0,24	2,08	0,037
Seca Outros Estratos	0,10	0,24	0,43	0,670
Seca Sub-Bosque	-1,79	0,73	-2,45	0,014

APÊNDICE E
VERIFICAÇÃO DA SUPOSIÇÃO
DE
PROPORCIONALIDADE

VERIFICAÇÃO DA SUPOSIÇÃO DE PROPORCIONALIDADE

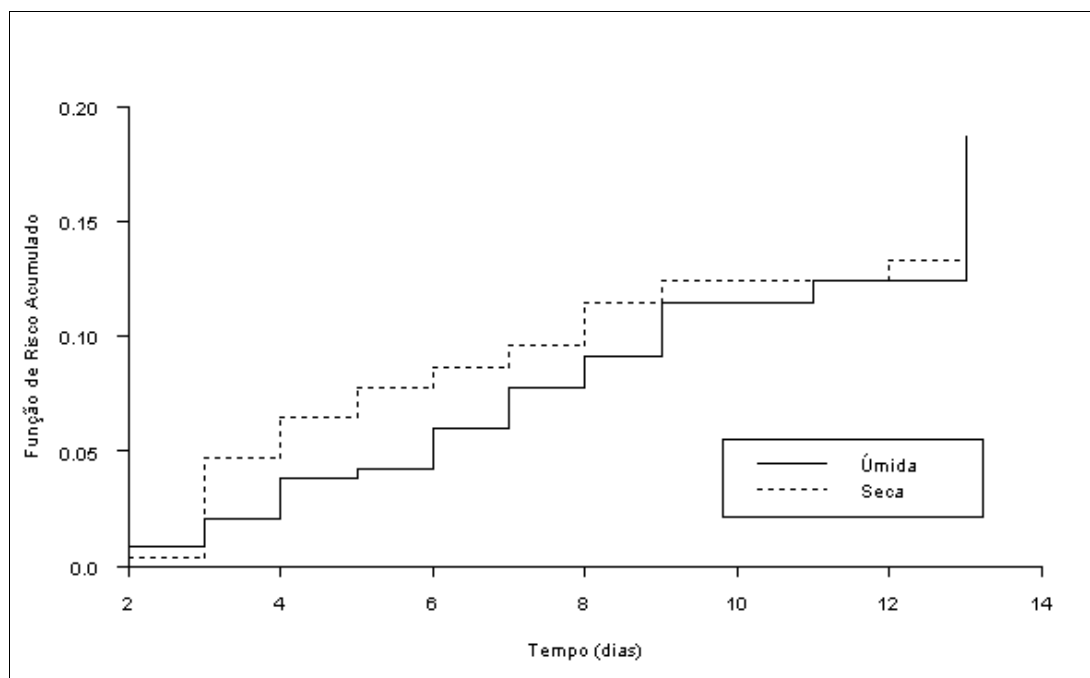
O modelo de riscos proporcionais de Cox supõe que as funções de risco dos grupos diferem apenas por uma constante ao longo do tempo. Essa suposição pode ser avaliada através dos gráficos das funções de risco acumulado estimadas para os níveis das variáveis envolvidas no modelo final (Gráficos E.1 a E.4).

Gráfico E.1 – Estimativas das funções de risco acumulado para a variável *Ambiente*



Pelo fato das curvas no Gráfico E.1 não se cruzarem, temos indicações de que a suposição de riscos proporcionais é razoável, quando consideramos a comparação dos Ambientes de *Borda* e *Interior*.

Gráfico E.2 – Estimativas das funções de risco acumulado para a variável *Estação do Ano*



A mesma conclusão apresentada no caso anterior pode ser feita na comparação de *Estação do Ano*. Notemos que apesar das curvas se tocarem (Gráfico E.2), ainda assim é recomendado aceitarmos a suposição de proporcionalidade dos riscos (Kleinbaum, 1996).

Gráfico E.3 – Estimativas das funções de risco acumulado para a variável *Indicadora X1*

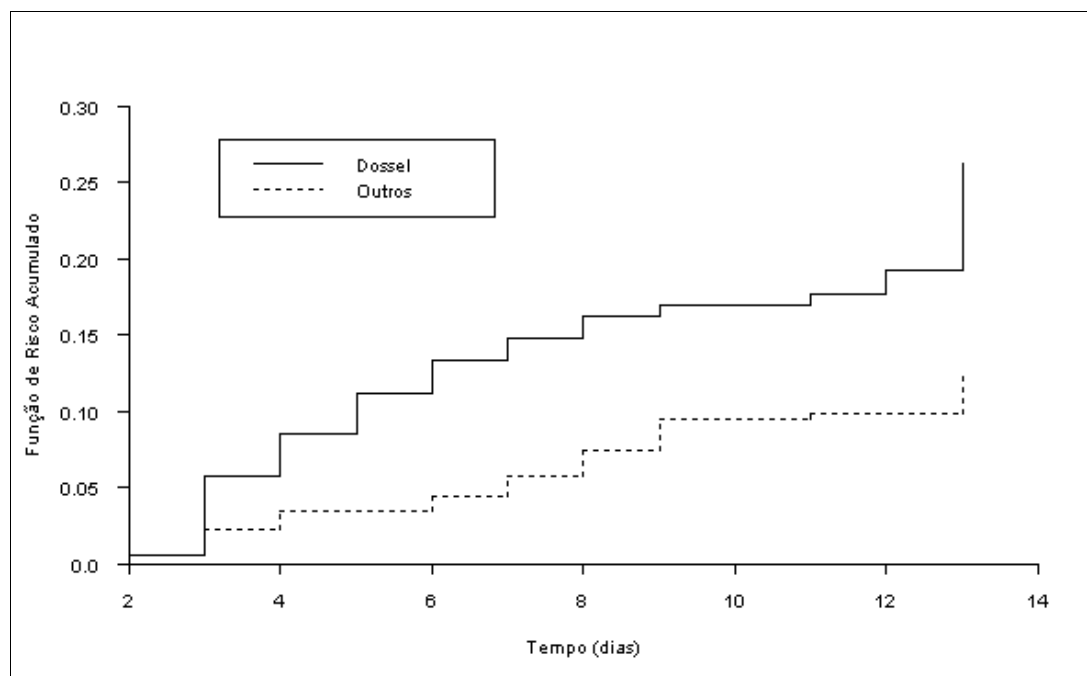
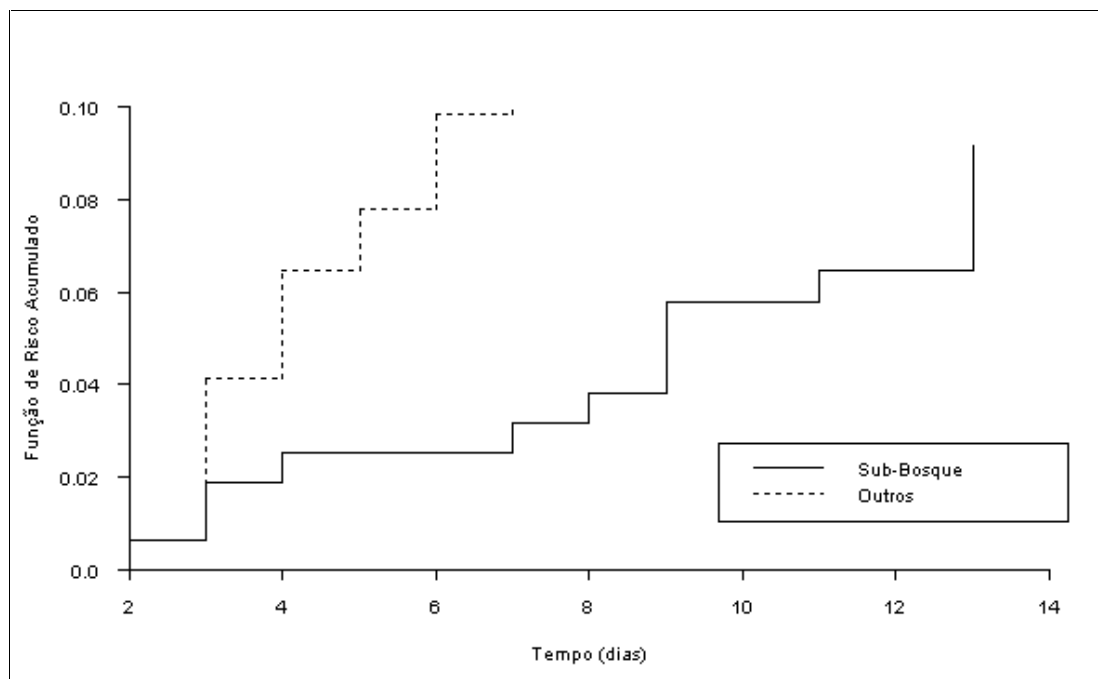


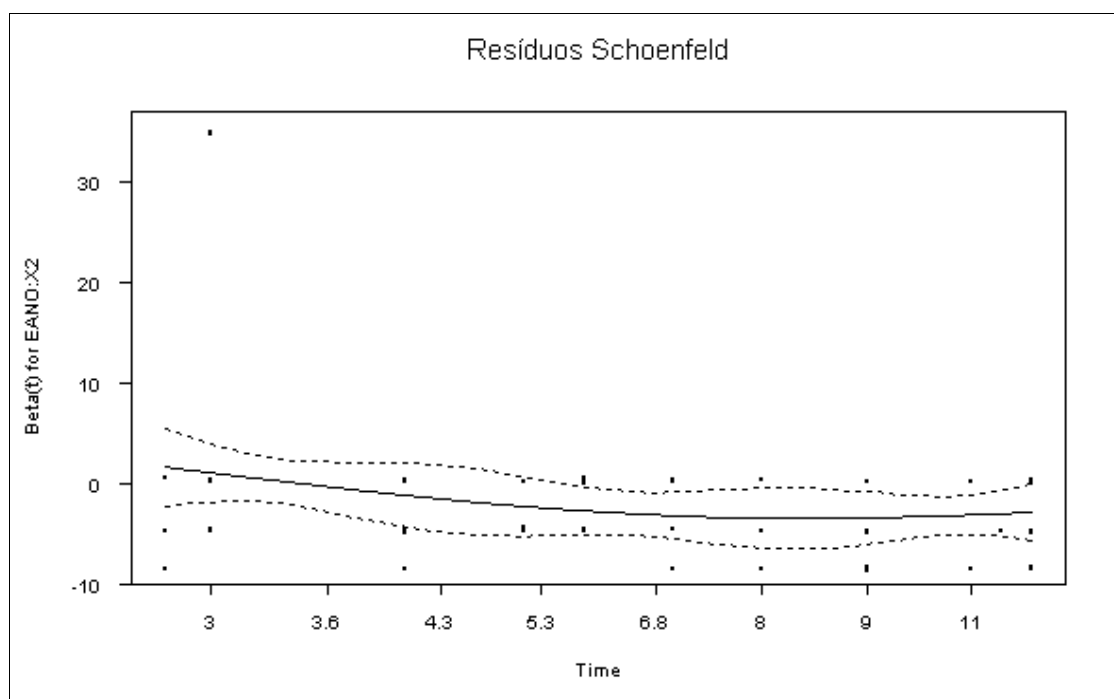
Gráfico E.4 – Estimativas das funções de risco acumulado para a variável *Indicadora X2*



Os Gráficos E.3 e E.4 sugerem que não há violação da suposição de riscos proporcionais para as variáveis envolvidas com *Estratos*.

Após o ajuste do modelo de Cox, a suposição de riscos proporcionais foi avaliada através dos resíduos Schoenfeld (Venables and Ripley (1996)). O Gráfico E.5 apresenta o comportamento dos resíduos para todas as variáveis conjuntamente em função do tempo.

Gráfico E.5 – Resíduos Schoenfeld para as variáveis conjuntamente



No Gráfico E.5, observa-se que o zero encontra-se dentro do intervalo de confiança para todos os instantes de tempo. Além disso, não há tendência acentuada de crescimento ou decrescimento ao longo do tempo. Para esses resíduos podemos também utilizar um teste de qualidade do ajuste, que se baseia na distribuição de Qui-quadrado. Os níveis descritivos do teste são apresentados na Tabela E.1, de onde podemos concluir que o modelo de Cox é adequado ($p > 0,054$).

Tabela E.1 - Valores dos níveis descritivos do teste de qualidade do ajuste

Variável	Nível Descritivo
Ambiente	0,633
Estação do Ano	0,074
X1	0,965
X2	0,404
Estação do Ano * X2	0,061
Global	0,054

Além da suposição de proporcionalidade, espera-se que, quando não existem censuras, um gráfico de probabilidade normal possa indicar possíveis violações da normalidade necessária para a realização dos testes. Para a verificação dessa suposição foram feitos os gráficos de resíduos Martingal e Deviance apresentados nos Gráficos E.6 e E.7.

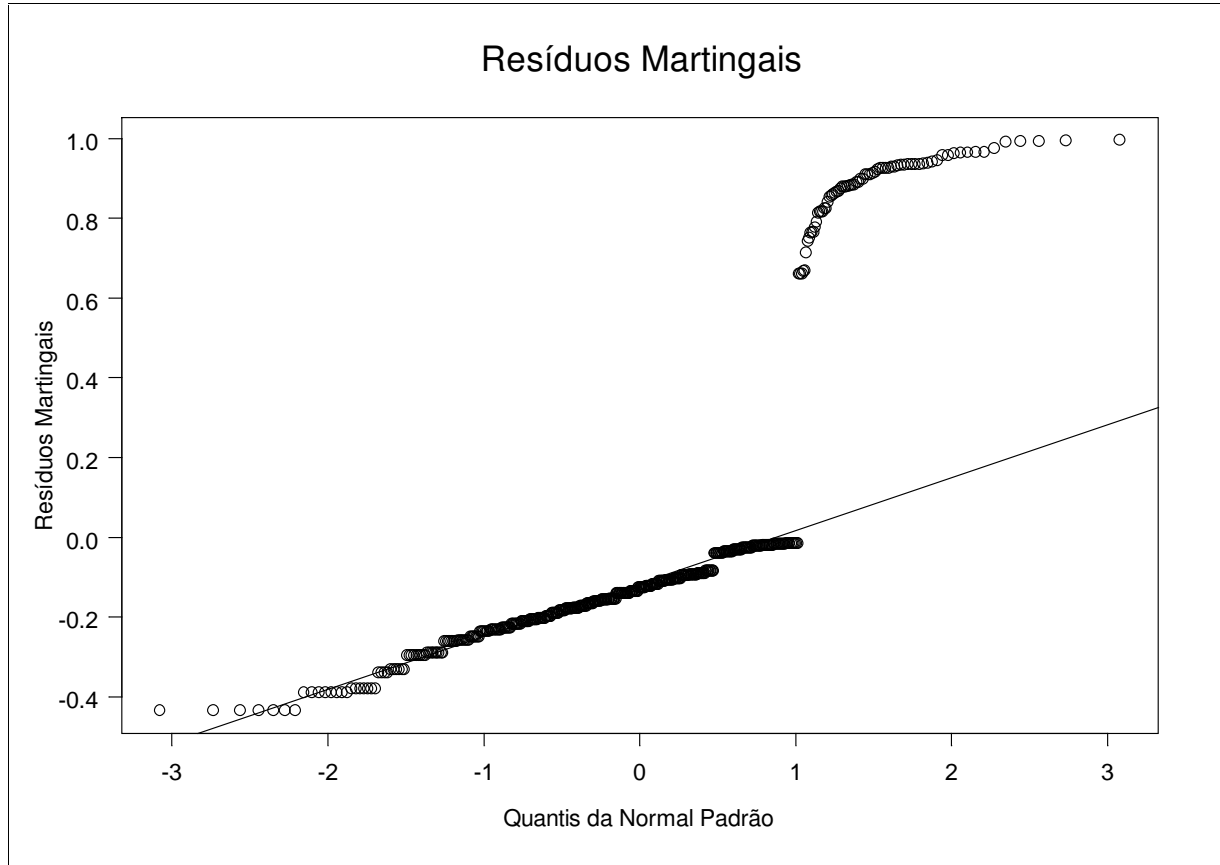
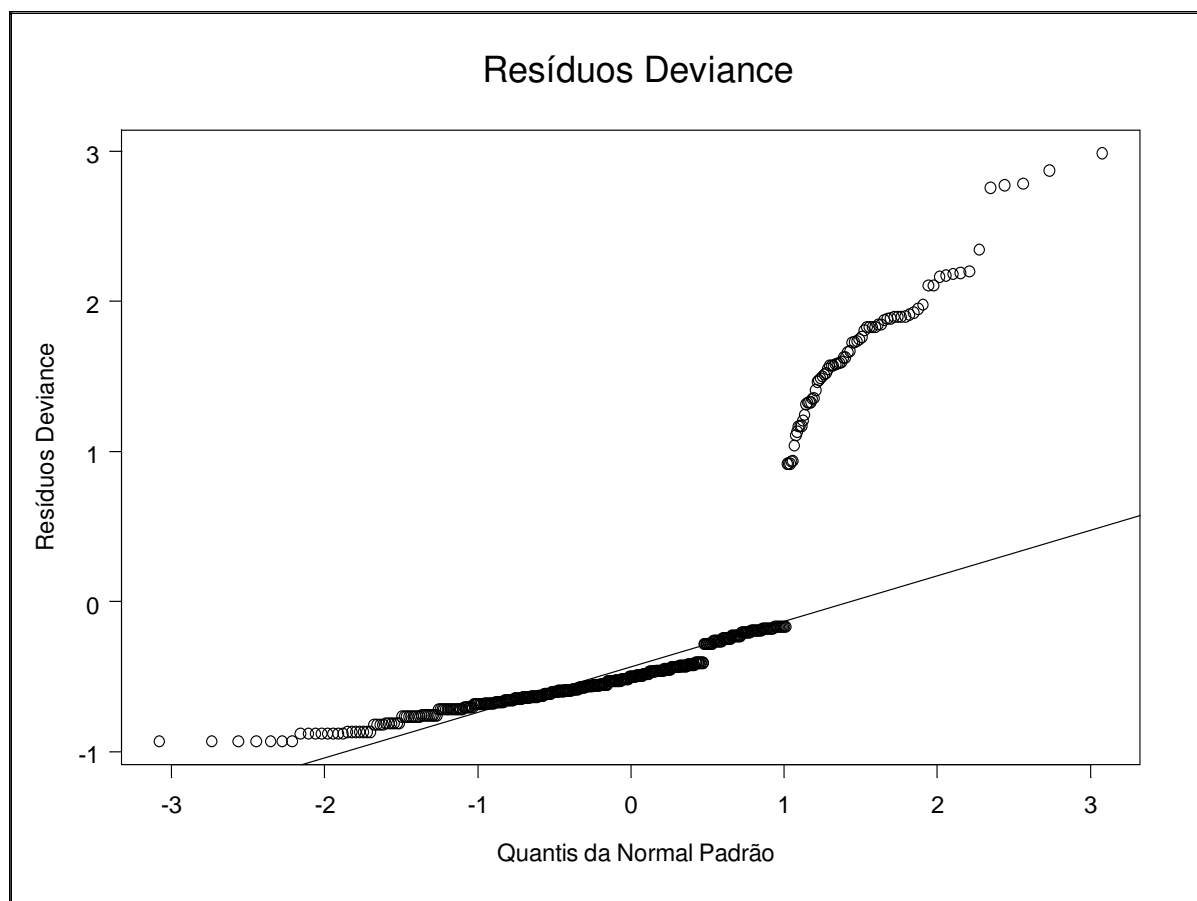
Gráfico E.6 – Resíduos Martingais

Gráfico E.7 – Resíduos Deviance

Deve ser notado que a presença de observações censuradas causa o aparecimento dos resíduos com padrões atípicos nos gráficos. Note, entretanto, que para observações não censuradas ocorrem resíduos razoavelmente acompanhando a linha reta nos gráficos, o que é indicativo de que as aproximações das distribuições das estatísticas de teste para a distribuição normal são aceitáveis.