

RAE-CEA 10P20

**RELATÓRIO DE ANÁLISE ESTATÍSTICA SOBRE O PROJETO:
"RECONSTITUIÇÃO PALEOAMBIENTAL DO AMBIENTE MARINHO DO RIO
GRANDE DO SUL, BASEADO EM ANÁLISES MICROFAUNÍSTICAS E
GEOQUÍMICAS DE SEDIMENTOS".**

**Denise Aparecida Botter
Mônica Carneiro Sandoval
Camila Vianna Coppola
Elizângela Salatiel da Costa**

São Paulo, 12 de dezembro de 2010

CENTRO DE ESTATÍSTICA APLICADA – CEA – USP
RELATÓRIO DE ANÁLISE ESTATÍSTICA

TÍTULO: “Reconstituição paleoambiental de ambiente marinho do Rio Grande do Sul, baseada em análises microfaunísticas e geoquímicas de sedimentos.”

PESQUISADOR: Juliana Braga Silva

INSTITUIÇÃO: Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo

FINALIDADE DO PROJETO: Doutorado

RESPONSÁVEIS PELA ANÁLISE: Denise Aparecida Botter
Mônica Carneiro Sandoval
Camila Vianna Coppola
Elizângela Salatiel da Costa

REFERÊNCIA DESTE TRABALHO:

Botter, D. A., Sandoval, M. C., Coppola, C. V. e Costa, E. S.. Relatório de análise estatística sobre o projeto: **“Reconstituição paleoambiental de ambiente marinho do Rio Grande do Sul, baseada em análises microfaunísticas e geoquímicas de sedimentos.”** São Paulo, IME-USP, 2010. (RAE – CEA – 10P20).

FICHA TÉCNICA

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

Barroso, L. P. e Artes, R. **Análise Multivariada**. 48ª Reunião da RBRAS e 10º SEAGRO. Sociedade Internacional de Biometria. Lavras, UFLA, 2003.

Ifremer. (2008). Acesso em 25 de 10 de 2010, disponível em **Laboratoire Environnement Ressources**: <http://www.ifremer.fr/lerpc/index.htm>

PROGRAMAS COMPUTACIONAIS UTILIZADOS:

Microsoft Office (2007)

Minitab – Versão 16

SAS – Versão 9.2

TÉCNICAS ESTATÍSTICAS UTILIZADAS:

Análise Descritiva Unidimensional (03:010)

Análise de Agrupamento (06:990)

Correlação Canônica (06:990)

ÁREAS DE APLICAÇÕES:

Ciências Físicas e Geoestatística (14:010)

Índice

Resumo	7
1. Introdução	8
2. Objetivo	9
2.1 Principal	9
2.2 Secundário	9
3. Descrição do Estudo	9
4. Descrição das Variáveis	10
4.1 Grupo 1	10
4.1.1 Geoquímica CN	10
4.1.2 Geoquímica Padronizada.....	10
4.1.3 Índice Sedimentológico.....	11
4.2 Grupo 2	11
4.2.1 Espécies de Foraminíferos.....	11
4.2.2 Isotopia de Testas.....	12
4.2.3 Índices Populacionais por profundidade	13
4.2.4 Espécies Bioindicadoras	14
4.2.5 Tafonomia	15
5. Análise Descritiva	15
5.1 Geoquímica CN.....	15
5.2 Geoquímica Padronizada.....	15
5.3 Índice Sedimentológico	16
5.4 Espécies de Foraminíferos.....	16
5.5 Isotopia de Testas.....	17
5.6 Índices Populacionais	17
5.7 Espécies Bioindicadoras	17
5.8 Tafonomia	17
6. Análise de Agrupamentos	18
6.1 Variáveis	18
6.1.1 Conjunto 1.....	18
6.1.2 Conjunto 2.....	18
6.1.3 Conjunto 3.....	19
6.1.4 Conjunto 4.....	19

6.1.5 Conjunto 5.....	19
6.2 Método k-médias.....	19
6.3 Formação dos Grupos	20
6.2 Interpretação dos Grupos.....	20
7. Correlação Canônica.....	21
8. Conclusão	23
APÊNDICE A – Figuras.....	25
APÊNDICE B – Tabelas	29
APÊNDICE C – Gráficos	38

Resumo

Neste trabalho avaliamos o comportamento do solo, do sedimento e de seus microorganismos em um testemunho retirado do talude do Rio Grande, no Rio Grande do Sul. Este estudo é importante para possíveis previsões do comportamento de regiões costeiras baseadas nos acontecimentos passados.

Para verificar o comportamento de variáveis bióticas e abióticas ao longo de 44 profundidades, foi realizada uma análise de agrupamentos. O método k-médias foi empregado considerando variáveis de interesse da pesquisadora.

Notamos que algumas profundidades (menos fundas) possuem características individuais, pois elas em geral não se agrupam com nenhuma outra. Já, as profundidades restantes se juntam em dois grupos, um deles com as profundidades intermediárias e o outro com as profundidades restantes (mais fundas). As variáveis que mais contribuíram para diferenciar esses últimos dois grupos foram a Taxa de Sedimentação e o número de foraminíferos de algumas espécies.

Para os dois grupos com várias profundidades foi realizada uma análise de correlação entre variáveis de interesse da pesquisadora, mas embora várias correlações sejam estatisticamente significantes, a ordem de magnitude dessas correlações é apenas moderada, variando, em geral, de 0,4 a 0,7 (em valor absoluto).

1. Introdução

A reconstituição paleoambiental de áreas costeiras brasileiras permite que se conheçam as modificações ambientais de características oceanográficas que se deram nessas áreas no decorrer de determinado tempo geológico.

Essas características são observadas em microorganismos e/ou sedimentos marinhos (*proxies* ambientais) coletados na área que se deseja avaliar. Esses microorganismos e/ou sedimentos preservam informações do meio que viveram ou no qual se depositaram, dando indicações indiretas sobre as condições ambientais existentes à sua época.

Essa reconstituição é importante porque, ao se conhecer o comportamento ambiental anterior de determinada região, pode-se ter uma ideia do seu comportamento futuro, permitindo avaliar riscos, tais como os de erosão costeira, ocupação costeira e mudanças do comportamento marinho de uma forma geral.

Neste relatório pretendemos descrever as informações de um estudo geológico realizado na costa do Rio Grande do Sul.

2. Objetivos

2.1. Principal

Detectar mudanças paleoambientais, com ênfase em variações do nível do mar, a partir de caracterizações sedimentológicas, geoquímicas e das associações de foraminíferos de depósitos costeiros e plataformais do ambiente de estudo, Cone do Rio Grande, Rio Grande do Sul, Brasil.

2.2. Secundário

Agrupar profundidades de acordo com as variáveis abióticas e verificar o comportamento dos foraminíferos nos grupos construídos.

3. Descrição do Estudo

Foi coletado um testemunho no Cone do Rio Grande, situado a 80 quilômetros da costa do Rio Grande do Sul, mar adentro. O Cone do Rio Grande localiza-se no talude superior do Rio Grande do Sul (local indicado na Figura A.1).

O testemunho é uma coluna estratigráfica (Figura A.2), composta de cerca de 500 cm de rocha. Os cilindros que formam o testemunho têm 10 centímetros de altura e raio R. O primeiro cilindro situava-se a uma profundidade de 83 cm e o último a uma profundidade de 573 cm. O cilindro 213 (situado a 213 cm de profundidade) foi excluído por falta de observações. O testemunho foi aberto, fotografado, medido e descrito nos laboratórios do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo – IGc-USP.

Cada um desses cilindros representa um tempo geológico. Para estabelecer o tempo geológico foram utilizados os níveis mais ricos em matéria orgânica e em conchas carbonáticas (conchas dos moluscos). O método utilizado para a datação das profundidades foi o decaimento radiativo do isótopo ^{14}C . Esse método foi aplicado pelo laboratório Leibniz-Laboratory for Radiometric Date and Stable Isotope Research, Kiel, Alemanha. O resultado fornece a idade absoluta da amostra medida. Essa idade é expressa em Idade cal. A.P., que significa idade calculada Antes do Presente, sendo o “Presente” o ano de 1950. Para cada profundidade temos, então, uma Idade correspondente, conforme Tabela A.1 do Apêndice A, e a interpretação é essa idade multiplicada por mil anos atrás.

4. Descrição das Variáveis

Todas as variáveis foram coletadas por profundidade no material do cilindro. Elas estão dispostas em dois grupos:

4.1. Grupo 1

Corresponde às variáveis abióticas. São aquelas que não contemplam os microorganismos existentes no fundo do mar. São elas: Geoquímica CN, Geoquímica Padronizada e Índice Sedimentológico.

4.1.1. Geoquímica CN

Foram avaliadas as seguintes variáveis:

- **Ctotal:** carbono total, expresso em porcentagem;
- **Corg:** carbono orgânico, expresso em porcentagem;
- **CaCO₃:** Carbonato de cálcio, expresso em porcentagem;
- **Ntotal:** nitrogênio total, expresso em porcentagem;
- **C/N:** razão entre os valores das variáveis Corg e Ntotal (adimensional).

4.1.2. Geoquímica Padronizada

Estudo dos elementos geoquímicos que formam os sedimentos do testemunho em estudo. Foram avaliados no material do cilindro os seguintes elementos:

- **Al:** alumínio, expresso em contagens por segundo;
- **Si:** silício, expresso em contagens por segundo;
- **K:** potássio, expresso em contagens por segundo;
- **Ca:** cálcio, expresso em contagens por segundo (abundante nos oceanos);
- **Ti:** titânio, expresso em contagens por segundo (maior abundância nos minerais e rochas continentais);
- **Mn:** magnésio, expresso em contagens por segundo;
- **Fe:** ferro, expresso em contagens por segundo;
- **Ti/Ca:** valores obtidos da razão entre as variáveis Titânio e Cálcio (adimensionais). Permitem verificar se existe maior quantidade de transporte sedimentar marinho ou continental ao local de deposição do testemunho.

4.1.3. Índice sedimentológico

- **Taxa de sedimentação:** é a quantidade de sedimento que foi depositado no lugar onde foi coletado o testemunho em um determinado intervalo de tempo. Esta taxa é calculada por um aparelho específico que mede a quantidade de sedimento em segundos.

4.2. Grupo 2

Corresponde às variáveis bióticas, aquelas que são baseadas nos microorganismos (foraminíferos) existentes no fundo do mar. Foraminíferos são microorganismos protozoários de dois tipos: bentônicos, que vivem nos mais variados substratos, desde areia até cascalho e lama (Figura A.3)¹, ou planctônicos, que vivem flutuando na coluna d'água (Figuras A.4 – A.7)¹. Quando vivos, eles possuem um protoplasma e uma espécie de “esqueleto” calcário que funciona ao mesmo tempo para sua sustentação é como “concha” que abriga o protoplasma. Esse “esqueleto” é chamado de Testa. Quando esse microorganismo morre (no caso do estudo), o protoplasma não se preserva, e sobra apenas a testa.

As variáveis bióticas avaliadas são: Espécies de Foraminíferos, Isotopia de Testas, Índices Populacionais, Espécies Bioindicadoras e Tafonomia. ¹

4.2.1. Espécies de Foraminíferos

- **Número de foraminíferos encontrados por espécie.** As espécies estudadas são: *Angulogerina angulata*, *Astrononion sp.*, *Bolivina sp.*, *Buccella peruviana*, *Buccella sp.*, *Bulimina elongata* (Figura A.6)², *Bulimina marginata* (Figura A.5)², *Buliminella elegantíssima*, *Brizalina alata*, *Brizalina subaenariensis*, *Cancris sagra*, *Cancris sp.*, *Cassidulina crassa*, *Cassidulina crassa f. porrecta*, *Cassidulina laevigata*, *Cassidulina minuta*, *Cassidulina sp.*, *Cassidulina subglobosa*, *Cassidulinoides brasiliensis*, *Cassidulinoides sp.*, *Cibicides dispers*, *Cibicides hullenbergi*, *Cibicides pseudohungeriana*, *Cibicides refulgens*, *Cibicides sp.*,

¹ Figuras retiradas do site Ifremer.

Cribrostomoides sp. (agl.gigante), *Cyclogira envolvens*, *Dentalina sp.*, *Discorbis williamsoni*, *Discorbis sp.*, *Epistominoides sp.*, *Eponides repandus*, *Fissurina lúcida*, *Fissurina semimarginata*, *Fissurina sp.*, *Fursenkoina pontoni*, *Fursenkoina sp.*, *Glandulina sp.*, *Guttulina sp.*, *Gyroidina altiformis*, *Gyroidina sp.*, *Haynesina depressula*, *Haynesina sp.*, *Hopkinsina pacifica*, *Lagena clavata*, *Lagena distoma*, *Lagena laevis*, *Lagena striata*, *Lagena sp.*, *Lenticulina cultrata.*, *Lenticulina rotulata*, *Lenticulina sp.*, *Lobatula*, *Melonis bareanus*, *Melonis sp.*, *Neogeoboquadrina dutertrei*, *Nonion sp.*, *Oridosalis umbonatus*, *Oolina lineata*, *Oolina sp.*, *Planulina foviolata*, *Poroeponides lateralis*, *Pseudononion atlanticum* (Figura A.7)², *Pseudononion auris*, *Pseudononion depressulum*, *Pseudononion grateloupi*, *Pseudononion labradorica*, *Pseudononion opima*, *Pseudononion pulchella*, *Pseudononion sp.*, *Pyrgo elongata*, *Pyrgo murhina*, *Pyrgo nasuta*, *Pyrgo ringens*, *Pyrgo sp.*, *Pyrgo subsphaerica*, *Quinqueloculina atlântica*, *Quinqueloculina aff. Lamarkiana*, *Quinqueloculina laevigata*, *Quinqueloculina milleti*, *Quinqueloculina patagônica*, *Quinqueloculina seminula*, *Quinqueloculina sp.*, *Rosalina floridana*, *Rubratela intermédia*, *Sigmoilopsis schlumbergeri*, *Stainforthia côncava*, *Triloculina sp.*, *Uvigerina bifurcata*, *Uvigerina peregrina*, *Uvigerina striata* e Foraminíferos indeterminados.²

4.2.2. Isotopia de Testas

Utilizada para verificar, de forma indireta, alguns parâmetros físicos do ambiente em que os foraminíferos vivem. Foram avaliadas duas formas de isotopias:

- **Isotopia de $\delta^{18}\text{O}$:** trata da temperatura das águas oceânicas. Razão obtida pela divisão do isótopo ^{18}O pelo isótopo ^{16}O . Quando a Terra está mais congelada o isótopo estável ^{16}O , que é o mais leve dos dois, fica retido no gelo das geleiras e da neve que recobre os continentes, e nas águas continentais, que chegam em menor volume aos oceanos. Como consequência, as águas oceânicas

² Figuras retiradas do site *Ifremer*.

ficam mais ricas no isótopo estável ^{18}O . Ao contrário, quando o clima é mais ameno e não há tanta extensão de gelo nos continentes, as geleiras, a neve derretida e os rios e cursos de água continentais mais caudalosos levam maior quantidade de ^{16}O para os oceanos, e então existe maior equilíbrio nas águas oceânicas entre os isótopos estáveis ^{16}O e ^{18}O . Quanto maior o valor da isotopia $\delta^{18}\text{O}$ significa que a temperatura das águas oceânicas é maior e quanto menor o valor desta isotopia mais ameno é o clima;

- **Isotopia $\delta^{13}\text{C}$:** indica a origem (marinha ou continental) da matéria orgânica que foi consumida pelos foraminíferos. Esta medida é obtida da razão $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$, sendo que esta razão é comparada com a medida padrão PBD (medida do molusco fóssil *Beleminitella americana* da Formação Peedee), ou seja, essa medida padrão seria o nosso zero a partir do qual se mede todos os outros valores da razão isotópica $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$. Quanto mais negativo for o valor desta razão, mais terrestre é a origem da matéria orgânica presente na testa dos foraminíferos e, por conseguinte, mais continental é a origem da matéria orgânica que serviu de alimento para os foraminíferos.

Essas isotopias foram avaliadas em três espécies de foraminíferos. Duas espécies são do tipo planctônico, *G. ruber* e *G. inflata*. E uma espécie é do tipo bentônico, *Uvigerina spp.*

4.2.3. Índices Populacionais

- **Total de Planctônicos:** número de foraminíferos planctônicos encontrados;
- **Total de Bentônicos:** número de foraminíferos bentônicos encontrados;
- **Riqueza de Bentônicos:** número de espécies de foraminíferos diferentes existentes;
- **Diversidade de Bentônicos:** índice ecológico que mede o número de espécies de foraminíferos bentônicos levando em conta sua abundância relativa.

4.2.4. Espécies Bioindicadoras

São foraminíferos estenobióticos, ou seja, que são sensíveis a algum(ns) parâmetro(s) ambiental(is). Esse(s) parâmetro(s) pode(m) ser tipo de solo, quantidade de oxigênio na água, tipo de massa de água marinha, quantidade de matéria orgânica disponível no ambiente.

- **BFHP:** número de *Benthic Foraminifera High Productivity*, espécies típicas da presença de matéria orgânica lábil no meio. São espécies que não existem se não há disponibilidade de nutrientes no meio marinho. Elas têm preferência por ambientes onde há maior acúmulo de matéria orgânica.
- **DI:** número de espécies de ambiente disóxido. São espécies típicas de ambiente pouco oxigenado.
- **OI:** número de espécies de ambiente óxido. São espécies típicas de ambiente oxigenado.
- **BFOI:** (*Benthic Foraminiferal Oxygen Index*) é um índice que expressa o grau de oxigenação do meio, obtido por:

$$BFOI = \frac{OI}{OI + DI} 100$$

- **AT:** número de espécies bioindicadoras de massas de água tropical.
- **ACAS:** número de espécies bioindicadoras de massas de água central do Atlântico Sul.
- **EAP:** número de espécies bioindicadoras de massas de águas plataformais.
- **EAR:** número de espécies bioindicadoras de massas de águas rasas.
- **Infaunal:** número de espécies que vivem dentro do substrato marinho e que não necessitam de muito oxigênio para sobreviver. São dependentes da quantidade de matéria orgânica disponível no solo.
- **Epifaunal:** número de espécies que vivem sobre o assoalho oceânico. São dependentes da quantidade de oxigênio do meio.
- **EAF:** número de espécies típicas de ambientes com águas marinhas mais frias.
- **EAQ:** número de espécies típicas de ambientes com águas marinhas mais quentes.

4.2.5. Tafonomia

As variáveis são:

- **Número de testas por Cor:** Brancas, róseas, douradas, preto-iridescentes, alaranjadas e testas com M.O (matéria orgânica);
- **Número de testas por Fragmentação:** completamente fragmentadas, parcialmente fragmentadas e inteiras.

Essas variáveis indicam o que ocorreu com as testas desde o momento em que os foraminíferos morreram e suas testas se depositaram nos sedimentos até o momento da coleta e análise.

5. Análise Descritiva

5.1. Geoquímica CN

A partir do Gráfico C.1 notamos que o elemento menos abundante, em todas as profundidades, é o Nitrogênio (N_{total}). Já, o mais abundante é o Carbonato de Cálcio ($CaCO_3$), o qual é utilizado pelos foraminíferos para a construção de suas testas. Com exceção do Nitrogênio, a porcentagem dos demais elementos parece ser maior nas menores profundidades.

A razão C/N (Gráfico C.2) mostra que à medida que a profundidade aumenta, a quantidade de carbono também aumenta em relação à quantidade de nitrogênio.

5.2. Geoquímica Padronizada

Os elementos Potássio, Silício e Titânio apresentam maior concentração, em todas as profundidades. O elemento que tem menor concentração é o Magnésio. Observa-se também que, nas menores profundidades, a concentração de Silício é menor enquanto que a concentração de Cálcio é maior. Estes fatos são observados no Gráfico C.3. O Gráfico C.5 mostra que o Ferro também é um elemento abundante nesses ambientes marinhos.

A razão Ti/Ca, observada no Gráfico C.4, vai diminuindo junto com a profundidade, indicando um aumento na concentração de Cálcio nas profundidades mais rasas e possivelmente uma concentração maior de testas

nessas profundidades, pois este elemento é utilizado pelos foraminíferos para a produção dessas testas.

5.3. Índice Sedimentológico

O Gráfico C.6 mostra que a taxa de sedimentação é alta e constante da profundidade 533 até a profundidade 453. Nas profundidades 443 a 133, essa taxa diminui, mas ainda é constante. Já, nas profundidades 123 até 83, relacionadas às idades mais recentes, essa taxa é aproximadamente nula indicando que praticamente não houve depósito de sedimentos nessas profundidades.

5.4. Espécies de Foraminíferos

Das 92 espécies encontradas em todo o testemunho algumas tiveram comportamentos relevantes e foram retratadas nos Gráficos C.7 a C.10. As espécies que não foram mostradas nestes gráficos apresentaram baixa frequência ou frequência zero ao longo das profundidades.

A espécie *Cassidulinoides brasiliensis* apresenta um pico de frequência na profundidade 313. Esta espécie não existia (frequência zero) nas profundidades maiores que 313 e aparece em pequena quantidade nas menores profundidades (Gráfico C.7). Outras duas espécies que surgem de repente são *Cibicides refulgis* e *Cassidulinoides SP*, sendo que a primeira está presente apenas nas profundidades 193 e 183, e a segunda nas profundidades 143, 133, 123 e 103 (Gráfico C.9). Outro comportamento notável é o da espécie *Fursenkoina s.*, abundante nas maiores profundidades diminuindo sua quantidade nas menores profundidades (Gráfico C.10). A espécie *Bulimina Marginata* apresenta alguns picos de frequência nas profundidades 533, 243, 233 e 223. Já, a espécie *Bulimina Elongata* apresenta picos de frequências entre as profundidades 193 e 153 e na profundidade 123. Quando olhamos conjuntamente a evolução destas duas espécies notamos que o comportamento delas parece ser inverso uma da outra (Gráfico C.8).

As espécies *Pseudononion atlanticum* e *grateloupi* apresentam maior frequência nas profundidades medianas. Nestas profundidades, quando uma espécie cresce a outra diminui (Gráfico C.12).

5.5. Isotopia de Testa

A espécie *Uvigerina sp.* apresenta valores grandes da isotopia $\delta^{18}\text{O}$ indicando que a temperatura da água era mais fria. Já as espécies *G. ruber* e *G. inflata* apresentaram valores pequenos desta isotopia indicando que o clima era mais ameno (Gráfico C.13).

A espécie *Uvigerina sp.* apresenta valores negativos da isotopia $\delta^{13}\text{C}$ indicando que a origem da matéria orgânica que os foraminíferos utilizavam para se alimentar era mais continental. Já as espécies *G. ruber* e *G. inflata* apresentam valores positivos da isotopia $\delta^{13}\text{C}$ indicando que a origem desta matéria orgânica era mais marinha (Gráfico C.14).

5.6. Índices Populacionais

A partir do Gráfico C.15 notamos que os foraminíferos do tipo bentônicos são predominantes na amostra considerada, exceto nas profundidades 233, 223 e 83 onde encontramos mais planctônicos. Em cada profundidade há, em geral, pelo menos 10 espécies diferentes de foraminíferos bentônicos e a diversidade desses foraminíferos é baixa nas profundidades 533, 323 e 123 (Gráfico C.16).

5.7 Espécies Bioindicadoras

Pelos Gráficos C.17 e C.18, observa-se a predominância de espécies indicadoras de ambiente óxido (OI) e de espécies que vivem no substrato marinho e necessitam de oxigênio (Infaunal). Os Gráficos C.19 e C.20 mostram que, em geral, prevalecem espécies que indicam águas rasas e quentes. As espécies de massas de água tropical são predominantes em todas as profundidades (Gráfico C.21).

Pelo Gráfico C.22 notamos que os valores de BFHP são maiores nas profundidades menores. O índice BFOI apresenta picos nas profundidades 423 e 193, conforme Gráfico C.23.

5.8 Tafonomia

Conforme Gráfico C.24, as testas mais encontradas, em todas as profundidades, foram as inteiras e praticamente não foram encontradas testas totalmente fragmentadas. A cor das testas mais frequente foi o branco, seguida

pela cor dourada que indica reação ao sulfeto de ferro. Testas com Matéria Orgânica (M.O.) praticamente não foram encontradas (Gráfico C.25).

6. Análise de Agrupamento

O objetivo da análise de agrupamento das observações é formar grupos de profundidades com características semelhantes (grupos homogêneos).

O agrupamento das observações, ou seja, das profundidades, foi realizado com base em algumas variáveis de interesse da pesquisadora.

6.1 Variáveis

As variáveis consideradas na Análise de Agrupamentos foi uma escolha da pesquisadora.

As variáveis foram alocadas em cinco conjuntos descritos a seguir.

6.1.1 Conjunto 1

As variáveis que formam o Conjunto 1 são:

- Número de foraminíferos da espécie *Bulimina elongata*,
- Número de foraminíferos da espécie *Bulimina marginata*,
- Número de foraminíferos da espécie *Brizalina subaenariensis*,
- Número de foraminíferos da espécie *Fursenkoina* sp.,
- Número de foraminíferos da espécie *Pseudononion atlanticum*,
- Número de foraminíferos da espécie *Pseudononion grateloupi*,
- Total de bentônicos,
- Total de planctônicos.

6.1.2 Conjunto 2

As variáveis que formam o Conjunto 2 são:

- $\delta^{13}\text{C}$ *G. ruber*
- $\delta^{18}\text{O}$ *G. ruber*
- $\delta^{13}\text{C}$ *G. inflata*
- $\delta^{18}\text{O}$ *G. inflata*

6.1.3 Conjunto 3

As variáveis que formam o Conjunto 3 são:

- Número de testas da cor branca,

- Número de testas da cor rósea,
- Número de testas da cor dourada,
- Número de testas da cor preto-iridescente
- Número de testas da cor alaranjada
- Número de testas com M.O.

6.1.4 Conjunto 4

As variáveis que formam o Conjunto 4 são:

- Número de testas completamente fragmentadas,
- Número de testas parcialmente fragmentadas,
- Número de testas inteiras.

6.1.5 Conjunto 5

As variáveis que formam o Conjunto 5 são:

- Ctotal (%),
- CaCO₃ (%),
- CN,
- Al (contagens por segundo),
- Si (contagens por segundo),
- K (contagens por segundo),
- Fe (contagens por segundo),
- Ti/Ca,
- Taxa de sedimentação.

6.2 Método k-médias

Optou-se por realizar a análise de agrupamentos pelo método k-médias com distância euclidiana, pois é um método mais rigoroso na formação dos grupos. Este método possui um processo de auto-ajuste que garante um agrupamento de qualidade quando se tem muitas observações (Barroso e Artes, 2003).

O método k-médias busca formar grupos com grande homogeneidade interna e grande heterogeneidade entre eles. O critério usado baseia-se na partição da soma de quadrados total de uma análise de variância em SQD (soma de quadrados dentro) e SQE (soma de quadrados entre); e da soma de

quadrados residuais (SQR). A soma de quadrados residuais é baseada na distância euclidiana do objeto i , do grupo j ao centro de seu grupo.

Para se decidir quantos grupos deveriam ser formados, construiu-se o índice G , baseado em $SQD(k)$, no qual $SQD(k)$ é a soma de quadrados dentro dos grupos quando são formados k grupos. O índice obedece a seguinte fórmula:

$$G = \frac{SQR(k) - SQR(k+1)}{SQR(k+1)}.$$

Por meio dessa medida, optou-se por formar cinco grupos, conforme Gráfico C.26.

6.3 Formação dos Grupos

Os cinco grupos formados foram:

Grupo 1	83												
Grupo 2	123												
Grupo 3	93	113											
Grupo 4	103	133	143	153	163	173	183	193	203	223	233	243	253
	263	273	283	303	313	333							
Grupo 5	293	323	343	353	363	373	383	393	403	413	423	433	443
	453	463	473	483	493	503	513	523	533	543	553	563	573

6.4 Interpretação dos Grupos

A Tabela B.2 apresenta as médias e desvios padrões para todas as 30 variáveis utilizadas na formação dos agrupamentos. Para a interpretação dos agrupamentos foram realizados gráficos de área (Barroso e Artes, 2003). Para a construção desses gráficos, as médias das variáveis foram padronizadas da seguinte forma: para cada variável, verificou-se em qual grupo seu valor médio era máximo; em seguida, todas as médias foram divididas por este valor, obtendo-se médias entre 0 e 1. As médias padronizadas estão representadas na Tabela B.3.

Analisando a Tabela B.2 e os Gráficos C.27 a C.31 nota-se que a média das espécies *Bulimina elongata* e *Brizalina subaenariensis* e o total de bentônicos são maiores no Grupo 2. Percebe-se também que a média do total de planctônicos é maior no Grupo 1. As médias das espécies *Fursenkoina sp.*, *Pseudononion atlanticum* e *Pseudononion grateloupi* são maiores no Grupo 5. Já a média da espécie *Bulimina marginata* é maior no Grupo 4.

Nos Gráficos C.32 a C.36 e na Tabela B.2, nota-se que entre os cinco Grupos a média do Grupos 1 é a menor para a variável $\delta^{18}\text{O}$ *G. ruber* (permil VPDB). Já, para as variáveis $\delta^{13}\text{C}$ *G. inflata* (permil VPDB) e $\delta^{18}\text{O}$ *G. inflata* (permil VPDB), a menor é a média no Grupo 2.

Os Gráficos C.37 a C.41 e a Tabela B.2 mostram que as médias das variáveis Roseas e Preto-iridescentes são maiores no Grupo 1. As variáveis Brancas, Douradas e Alaranjadas têm médias maiores no Grupo 2. A variável Testas com M.O. apresenta maior valor médio no Grupos 3.

Nos Gráficos C.42 a C.46 e a Tabela B.2, notam-se que as médias nos Grupos 1 e 2 para a variável Parcialmente fragmentadas são maiores do que nos demais grupos. Já, as médias para a variável Completamente fragmentadas é maior no Grupo 1 e testas inteiras são maiores no Grupo 2.

Finalmente, a partir da Tabela B.2 e dos Gráficos C.47 a C.51 observa-se que as médias da Taxa de sedimentação são maiores nos Grupos 4 e 5. Para as demais variáveis não se constata muita diferença entre os grupos com relação às médias.

7. Correlação Canônica

Nesta seção apresenta-se uma análise de correlação entre as variáveis dos conjuntos 1 a 4 e as variáveis do conjunto 5, utilizados na análise de agrupamento. Essa análise foi realizada apenas para os Grupos 4 e 5, que são os que agruparam mais profundidades.

A análise de correlação tem como objetivo quantificar a intensidade da associação linear existente entre duas variáveis.

As Tabelas B.4 a B.11 apresentam os coeficientes de correlação de Pearson e os respectivos valores P do teste da hipótese de ausência de associação linear entre o par de variáveis considerado.

Nas Tabelas B.4 e B.8 observa-se que o total de bentônicos e o número de foraminíferos da espécie *Brizalina subaenariensis* não estão associados linearmente a nenhuma variável do Conjunto 5, para ambos os grupos. Esse resultado também é observado para o total de planctônicos no Grupo 4 e para o número de foraminíferos da espécie *Pseudononion atlanticum* no Grupo 5. Já, o total de planctônicos no Grupo 5 apresenta associação linear apenas com a Taxa de sedimentação, sendo essa associação negativa. O número de foraminíferos da espécie *Pseudononion atlanticum* no Grupo 4 apresenta associação linear

negativa com Ctotal e positiva com Ti/Ca. O número de foraminíferos da espécie *Bulimina elongata* apresenta associação linear positiva com CN, nos Grupos 4 e 5, e negativa com Fe, no Grupo 4 e com a Taxa de sedimentação, no Grupo 5. O número de foraminíferos da espécie *Bulimina marginata* apresenta, no Grupo 4, associação linear (positiva) apenas com Al e, no Grupo 5, apresenta associação linear negativa com Ctotal, CaCO_3 e CN. O número de foraminíferos da espécie *Fursenkoina* SP apresenta associação linear negativa com Ctotal e CN, no Grupo 4, e positiva com Si, nos Grupos 4 e 5, e com a Taxa de sedimentação no Grupo 5. Finalmente, o número de foraminíferos da espécie *Pseudononion grateloupi* apresenta, no Grupo 4, associação linear (negativa) apenas com Ctotal e, no Grupo 5, apresenta associação linear (positiva) apenas com CaCO_3 .

As Tabelas B.5 e B.9 mostram que a variável $\delta^{18}\text{O}$ *G. inflata* não está associada linearmente a nenhuma variável do Conjunto 5, para ambos os grupos. A variável $\delta^{13}\text{C}$ *G. ruber* apresenta associação linear negativa com Al e Taxa de sedimentação, no Grupo 4, e com CN, no Grupo 5. A variável $\delta^{18}\text{O}$ *G. ruber* apresenta associação linear negativa com Ctotal e CaCO_3 , nos Grupos 4 e 5, e com Si e Taxa de sedimentação, no Grupo 5. Já, a variável $\delta^{13}\text{C}$ *G. inflata* apresenta, no Grupo 4, associação linear positiva com Ctotal e negativa com Si e Taxa de sedimentação. No Grupo 5, essa variável apresenta associação linear (positiva) apenas com CN.

A partir das Tabelas B.6 e B.10, nota-se que o número de testas brancas, nos dois grupos, o número de testas douradas e o número de testas alaranjadas, no Grupo 5, não estão linearmente associadas a nenhuma variável do Conjunto 5. O número de testas róseas apresenta, no Grupo 4, correlação linear positiva com Fe e, no Grupo 5, correlação linear negativa com a Taxa de sedimentação. O número de testas douradas e preto-iridescentes apresentam, no Grupo 4, correlação linear positiva com CN. No Grupo 5, o número de testas preto-iridescentes apresenta correlação linear negativa com Fe. No Grupo 4, o número de testas alaranjadas apresenta correlação linear positiva com TiCa. Finalmente, o número de testas com M.O. apresenta, no Grupo 4, correlação linear positiva com Al e K. No Grupo 5, não foi possível calcular o coeficiente de correlação pois, não foram encontradas testas com M.O. em nenhuma profundidade desse grupo.

Já nas Tabelas B.7 e B.11, observa-se que o número de testas parcialmente fragmentadas, nos dois grupos, e o número de testas completamente fragmentadas, no Grupo 5, não estão linearmente associados a

nenhuma variável do Conjunto 5. No Grupo 4, o número de testas completamente fragmentadas apresenta correlação linear negativa com Al, Si, K e Fe e correlação linear positiva com CN. O número de testas inteiras apresenta, no Grupo 4, correlação linear positiva com Si e, no Grupo 5, correlação linear negativa com essa variável. Ainda no Grupo 5, o número de testas inteiras apresenta correlação linear negativa com a Taxa de sedimentação.

8. Conclusão

As profundidades 83, 93, 113 e 123 possuem características que as diferenciam das demais profundidades. A profundidade 83 (Grupo 1) é caracterizada pelo grande número de foraminíferos planctônicos, testas róseas, testas preto-iridescentes, testas completamente fragmentadas e testas parcialmente fragmentadas, além da alta concentração das substâncias Ctotal(%) e CaCO3(%). Outra característica é que esta profundidade apresenta valor baixo de $\delta^{18}\text{O}$ *G. ruber* e valor alto de $\delta^{18}\text{C}$ *G. ruber*.

As profundidades 93 e 113 (Grupo 2) são descritas pelo alto número do Total de bentônicos e das espécies bentônicas *Bulimina elongata*, *Brizalina subaenariensis*; alto número de testas inteiras, brancas, douradas e alaranjadas. Destaca-se também baixo valor em $\delta^{18}\text{O}$ *G. inflata* e $\delta^{18}\text{C}$ *G. inflata*.

Já a profundidade 123 (Grupo 3), é caracterizada por apresentar a maior frequência de Testas com M.O., maior valor de $\delta^{13}\text{C}$ *G. inflata* e menores valores no número da espécie bentônica *Pseudononion grateloupi*, no número de testas parcialmente fragmentadas, e na quantidade dos elementos K, Fe e razão Ti/Ca.

A profundidade 113 (Grupo 3), é marcada pelo grande número de testas com M.O.

O Grupo 4 é caracterizado por apresentar a maior concentração de *Bulimina marginata* e o menor número médio de testas completamente fragmentadas.

No Grupo 5 caracteriza-se pela alta frequência de *Fursenkoina sp.*, *Pseudononion atlanticum* e *Pseudononion grateloupi*, além de média alta da taxa de sedimentação.

Em todos os grupos as variáveis da Geoquímica Padronizada e da Geoquímica C/N não influenciaram diretamente na caracterização, pois possuíam altos valores médios em todo agrupamento. Isso já foi observado nos Gráficos

C.1 - C.4 nos quais essas variáveis parecem ter um comportamento constante ao longo das profundidades

A análise de correlação linear mostrou que, embora várias correlações sejam estatisticamente significantes, a ordem de magnitude dessas correlações variam em valor absoluto entre 0,4 e 0,7 indicando associação moderada.

Apêndice A

Figuras

Figura A.1: Localização do ambiente de onde foi retirado o testemunho.

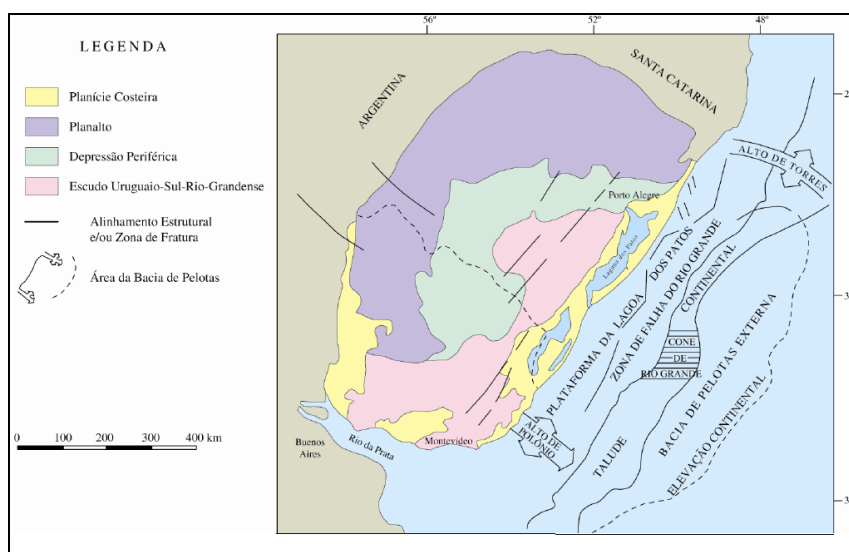


Figura A.2: Coluna Estratigráfica.

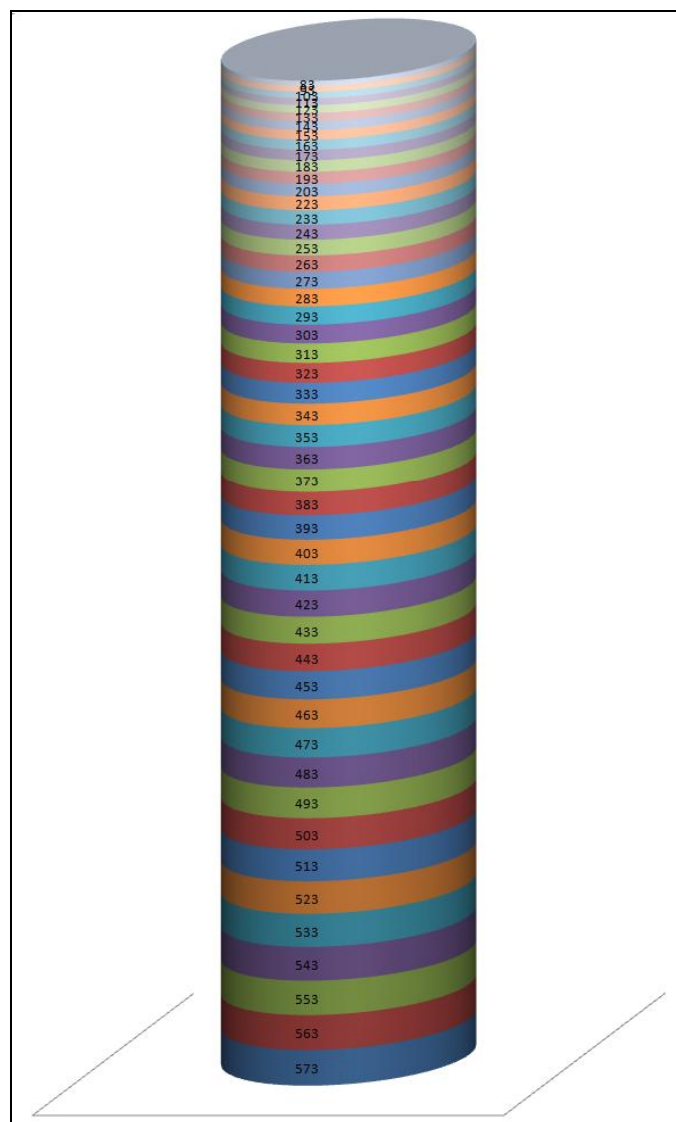


Figura A.3: Concha de *Globigerina bulloides* (foraminífero planctônico).

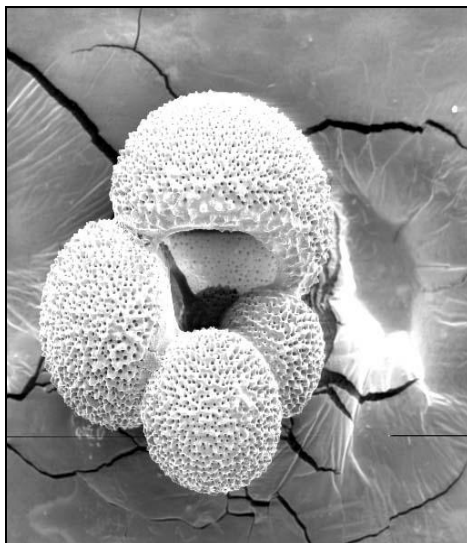


Figura A.4: *Cassidulinoides refulgis* (foraminífero bentônico).



Figura A.5: *Bulimina Marginata* (foraminífero bentônico).

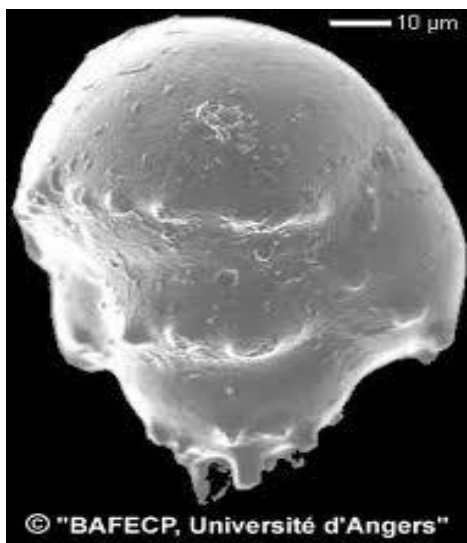
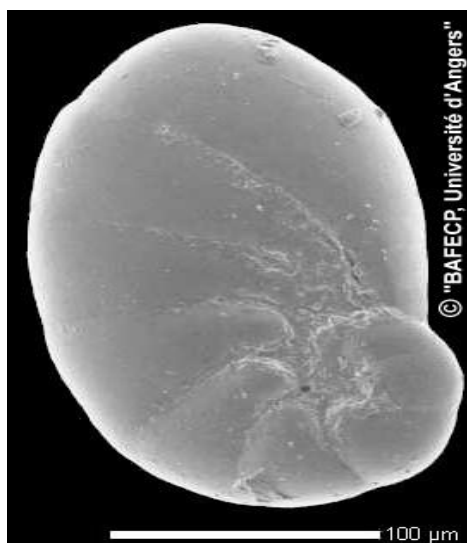


Figura A.6: *Bulimina enlogata* (foraminífero bentônico).



Figura A.7: *Pseudononion atlanticum* (foraminífero bentônico).



Apêndice B

Tabelas

Tabela B.1: Idades obtidas através do decaimento radioativo do isótopo ^{14}C .

Profundidade (cm)	Idade (anos cal A.P.) em mil anos
83	8,90
93	10,19
103	11,47
113	12,76
123	14,05
133	14,18
143	14,30
153	14,43
163	14,56
173	14,68
183	14,81
193	14,93
203	15,06
223	15,33
233	15,48
243	15,63
253	15,79
263	15,94
273	16,09
283	16,25
293	16,40
303	16,56
313	16,71
323	16,86
333	17,02
343	17,17
353	17,32
363	17,47
373	17,60
383	17,73
393	17,87
403	18,00
413	18,13
423	18,27
433	18,40
443	18,53
453	18,62
463	18,66
473	18,70
483	18,74
493	18,78
503	18,82
513	18,86
523	18,91
533	18,95
543	18,99
553	19,03
563	19,07
573	19,11

Tabela B.2: Médias e Desvios Padrões das variáveis dos agrupamentos.

Variáveis	Grupo1	Grupo2	Grupo3		Grupo4		Grupo5	
	Média	Média	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
Bulimina elongata	29	84	19	9,19	26	17,53	12	9,98
Bulimina marginata	7	14	10	3,54	23	18,96	16	12,18
Brizalina subaenariensis	106	389	115	8,49	111	64,66	63	32,27
Fursenkoina sp.	0	0	0	0,00	3	3,82	20	18,03
Pseudononion atlanticum	4	2	6	4,24	20	26,05	31	28,24
Pseudononion grateloupi	5	10	3	4,24	9	6,43	44	30,64
Total bentônicos	175	554	186	0,15	254	0,30	223	0,22
Total planctônico	345	107	153	0,31	96	0,32	82	0,30
$\delta^{13}\text{C}$ G. ruber (permil VPDB)	0,79	0,58	0,45	0,15	0,57	0,17	0,25	0,10
$\delta^{18}\text{O}$ G. ruber (permil VPDB)	0,00	0,27	0,41	0,11	0,89	0,18	1,14	0,13
$\delta^{13}\text{C}$ G. inflata (permil VPDB)	0,52	0,00	0,71	33,94	0,51	39,15	0,58	50,01
$\delta^{18}\text{O}$ G. inflata (permil VPDB)	1,84	0,00	1,81	5,66	2,04	3,50	2,18	3,51
Branças	379	493	262	6,36	278	35,51	204,5	24,81
Róseas	21	6	8	2,12	6	4,75	4	2,58
Douradas	63	134	42	6,36	58	11,21	92	7,42
Preto-iridescentes	57	8	14	0,71	3	0,37	3	0,00
Alaranjadas	0	19	11	5,66	4	0,90	2	1,10
Testas com M.O.	0	1	4	21,21	0	19,58	0	21,82
Completamente fragmentadas	20	1	7	26,87	0	43,06	1	46,68
Parcialmente fragmentadas	148	120	58	0,01	68	0,08	83	0,07
Testas inteiras	352	540	274	0,07	282	0,25	221	0,27
Ctotal(%)	1,10	0,93	1,02	0,23	0,89	0,45	0,76	0,40
CaCO ₃ (%)	3,20	2,60	2,65	11,50	2,04	4,82	1,69	4,22
C/N	7,91	7,56	7,91	35,97	7,89	24,51	7,31	16,08
Al (contagens por segundo)	44,30	53,50	44,27	22,91	52,14	14,45	61,79	7,91
Si (contagens por segundo)	170,97	211,30	180,37	10,70	204,91	43,45	250,62	54,73
K (contagens por segundo)	215,07	231,50	210,07	0,45	226,95	0,35	237,56	0,19
Fe (contagens por segundo)	1159,07	1193,43	1136,73	0,00	1181,78	16,18	1206,09	87,30
Ti/Ca	1,90	1,78	1,30	7,07	1,86	71,20	2,08	55,03
Taxa sedimentação	7,76	7,76	7,76	35,36	68,35	48,74	153,48	40,65

Tabela B.3: Médias Normalizadas das variáveis dos agrupamentos.

Variáveis	Grupo1	Grupo2	Grupo3	Grupo4	Grupo5
Bulimina elongata	0,35	1,00	0,22	0,31	0,14
Bulimina marginata	0,30	0,60	0,41	1,00	0,70
Brizalina subaenariensis	0,27	1,00	0,30	0,28	0,16
Fursenkoina sp.	0,00	0,00	0,00	0,14	1,00
Pseudononion atlanticum	0,13	0,06	0,19	0,66	1,00
Pseudononion grateloupi	0,11	0,23	0,07	0,20	1,00
Total bentônicos	0,32	1,00	0,34	0,46	0,40
Total planctônico	1,00	0,31	0,44	0,28	0,24
$\delta^{13}\text{C}$ G. ruber (permil VPDB)	1,00	0,73	0,57	0,72	0,32
$\delta^{18}\text{O}$ G. ruber (permil VPDB)	0,00	0,24	0,36	0,78	1,00
$\delta^{13}\text{C}$ G. inflata (permil VPDB)	0,73	0,00	1,00	0,72	0,82
$\delta^{18}\text{O}$ G. inflata (permil VPDB)	0,84	0,00	0,83	0,93	1,00
Branças	0,77	1,00	0,53	0,56	0,41
Róseas	1,00	0,29	0,38	0,31	0,19
Douradas	0,47	1,00	0,31	0,44	0,69
Preto-iridescentes	1,00	0,14	0,24	0,06	0,05
Alaranjadas	0,00	1,00	0,55	0,21	0,10
Testas com M.O.	0,00	0,29	1,00	0,05	0,00
Completamente fragmentadas	1,00	0,05	0,35	0,02	0,03
Parcialmente fragmentadas	1,00	0,81	0,39	0,46	0,56
Testas inteiras	0,65	1,00	0,51	0,52	0,41
Ctotal(%)	1,00	0,85	0,92	0,81	0,69
CaCO3 (%)	1,00	0,81	0,83	0,64	0,53
C/N	1,00	0,96	1,00	1,00	0,92
Al (contagens por segundo)	0,72	0,87	0,72	0,84	1,00
Si (contagens por segundo)	0,68	0,84	0,72	0,82	1,00
K (contagens por segundo)	0,91	0,97	0,88	0,96	1,00
Fe (contagens por segundo)	0,96	0,99	0,94	0,98	1,00
Ti/Ca	0,91	0,86	0,63	0,89	1,00
Taxa sedimentação	0,05	0,05	0,05	0,45	1,00

Tabela B.4: Correlações [valores P] entre as variáveis do Conjunto 1 e as variáveis do Conjunto 5, para Grupo 4.

	Bulimina elongata	Bulimina marginata	Brizalina subaenariensis	Fursenkoina sp.	Pseudononion atlanticum	Pseudononion grateloupi
Ctotal (%)	0,139	0,023	0,094	-0,552	-0,611	-0,485
	[0,572]	[0,924]	[0,702]	[0,014]	[0,005]	[0,035]
CaCO₃ (%)	-0,141	-0,128	-0,102	-0,219	-0,209	-0,22
	[0,564]	[0,600]	[0,677]	[0,367]	[0,391]	[0,365]
C/N	0,497	-0,323	0,273	-0,522	-0,371	-0,099
	[0,030]	[0,178]	[0,259]	[0,022]	[0,117]	[0,687]
Al	-0,046	0,529	-0,288	0,359	0,107	-0,023
	[0,853]	[0,020]	[0,231]	[0,132]	[0,662]	[0,927]
Si	-0,063	0,337	-0,116	0,489	0,25	0,131
	[0,799]	[0,158]	[0,637]	[0,033]	[0,302]	[0,592]
K	-0,232	0,362	-0,263	0,452	0,329	0,115
	[0,339]	[0,128]	[0,277]	[0,052]	[0,169]	[0,638]
Fe	-0,599	0,239	-0,138	0,091	0,181	-0,001
	[0,007]	[0,324]	[0,574]	[0,711]	[0,458]	[0,995]
Ti/Ca	-0,066	-0,364	0,103	0,402	0,474	0,272
	[0,788]	[0,126]	[0,675]	[0,088]	[0,041]	[0,260]
Taxa sedimentação	0,234	0,052	0,269	-0,108	-0,12	-0,04
	[0,336]	[0,831]	[0,266]	[0,661]	[0,624]	[0,871]

Tabela B.4: Correlações [valores P] entre as variáveis do Conjunto 1 e as variáveis do Conjunto 5, para Grupo 4 (continuação).

	Total bentônicos	Total planctônicos
Ctotal (%)	-0,245	0,319
	[0,311]	[0,183]
CaCO₃ (%)	-0,272	0,177
	[0,260]	[0,467]
C/N	0,274	-0,272
	[0,257]	[0,259]
Al	-0,164	0,414
	[0,503]	[0,078]
Si	0,066	0,265
	[0,789]	[0,274]
K	-0,078	0,300
	[0,751]	[0,212]
Fe	-0,278	0,378
	[0,248]	[0,110]
Ti/Ca	0,375	-0,373
	[0,114]	[0,116]
Taxa sedimentação	0,365	-0,291
	[0,124]	[0,227]

Tabela B.5: Correlações [valores P] entre as variáveis do Conjunto 2 e as variáveis do Conjunto 5, para Grupo 4.

	$\delta^{13}\text{C}$ G. ruber	$\delta^{18}\text{O}$ G. ruber	$\delta^{13}\text{C}$ G. inflata	$\delta^{18}\text{O}$ G. inflata
Ctotal (%)	0,205	-0,789	0,491	-0,287
	[0,400]	[0,000]	[0,033]	[0,233]
CaCO₃ (%)	0,446	-0,567	0,358	-0,021
	[0,055]	[0,011]	[0,133]	[0,932]
C/N	0,059	-0,257	0,366	-0,327
	[0,811]	[0,288]	[0,123]	[0,172]
Al	-0,493	0,153	-0,431	0,227
	[0,032]	[0,532]	[0,066]	[0,349]
Si	-0,352	0,256	-0,546	0,306
	[0,139]	[0,290]	[0,016]	[0,202]
K	-0,442	0,294	-0,398	0,105
	[0,058]	[0,222]	[0,092]	[0,670]
Fe	0,196	0,157	-0,185	0,377
	[0,421]	[0,522]	[0,448]	[0,111]
Ti/Ca	-0,078	0,248	-0,233	0,121
	[0,750]	[0,306]	[0,337]	[0,622]
Taxa sedimentação	-0,468	0,419	-0,463	0,133
	[0,043]	[0,074]	[0,046]	[0,587]

Tabela B.6: Correlações [valores P] entre as variáveis do Conjunto 3 e as variáveis do Conjunto 5, para Grupo 4.

	Branças	Róseas	Douradas	Preto-iridescentes	Alaranjadas	Testas com M.O.
Ctotal (%)	-0,179	-0,168	0,223	0,371	-0,360	0,077
	[0,464]	[0,492]	[0,360]	[0,118]	[0,130]	[0,756]
CaCO₃ (%)	-0,021	-0,17	-0,285	0,052	0,046	0,044
	[0,932]	[0,487]	[0,238]	[0,831]	[0,850]	[0,859]
C/N	-0,35	-0,353	0,613	0,658	-0,324	-0,261
	[0,142]	[0,138]	[0,005]	[0,002]	[0,176]	[0,280]
Al	0,414	0,357	-0,14	-0,291	-0,247	0,485
	[0,078]	[0,134]	[0,568]	[0,227]	[0,308]	[0,035]
Si	0,451	0,332	0,025	-0,21	-0,113	0,368
	[0,052]	[0,165]	[0,920]	[0,387]	[0,646]	[0,121]
K	0,372	0,383	-0,156	-0,337	0,015	0,478
	[0,117]	[0,105]	[0,522]	[0,158]	[0,952]	[0,039]
Fe	0,207	0,534	-0,346	-0,182	0,149	0,252
	[0,394]	[0,018]	[0,147]	[0,457]	[0,542]	[0,298]
Ti/Ca	0,236	-0,107	-0,187	-0,124	0,612	-0,011
	[0,330]	[0,662]	[0,444]	[0,612]	[0,005]	[0,966]
Taxa sedimentação	-0,043	0,051	0,358	0,157	-0,010	0,040
	[0,860]	[0,836]	[0,133]	[0,520]	[0,967]	[0,871]

Tabela B.7: Correlações [valores P] entre as variáveis do Conjunto 4 e as variáveis do Conjunto 5, para Grupo 4.

	Completamente fragmentadas	Parcialmente fragmentadas	Testas inteiras
Ctotal (%)	0,348	-0,027	-0,040
	[0,144]	[0,914]	[0,871]
CaCO₃ (%)	0,422	0,050	-0,281
	[0,072]	[0,838]	[0,244]
C/N	0,458	0,036	0,118
	[0,049]	[0,884]	[0,630]
Al	-0,478	-0,107	0,257
	[0,038]	[0,663]	[0,289]
Si	-0,614	-0,144	0,487
	[0,005]	[0,557]	[0,035]
K	-0,695	0,065	0,196
	[0,001]	[0,791]	[0,422]
Fe	-0,479	-0,249	0,091
	[0,038]	[0,304]	[0,710]
Ti/Ca	-0,259	0,308	0,063
	[0,284]	[0,199]	[0,798]
Taxa sedimentação	-0,172	-0,226	0,381
	[0,480]	[0,353]	0,108

Tabela B.8: Correlações [valores P] entre as variáveis do Conjunto 1 e as variáveis do Conjunto 5, para Grupo 5.

	Bulimina elongata	Bulimina marginata	Brizalina subaenariensis	Fursenkoina sp.	Pseudononion atlanticum	Pseudononion grateloupi
Ctotal (%)	-0,049	-0,681	0,015	0,324	-0,002	0,072
	[0,813]	[0,000]	[0,942]	[0,107]	[0,994]	[0,725]
CaCO₃ (%)	-0,076	-0,52	0,302	0,224	0,088	0,388
	[0,711]	[0,006]	[0,133]	[0,271]	[0,667]	[0,050]
C/N	0,492	-0,584	-0,131	-0,204	0,057	0,105
	[0,011]	[0,002]	[0,522]	[0,316]	[0,784]	[0,609]
Al	0,082	0,066	0,07	0,195	-0,178	-0,084
	[0,692]	[0,749]	[0,734]	[0,340]	[0,385]	[0,684]
Si	-0,144	0,048	0,055	0,454	-0,235	-0,181
	[0,482]	[0,817]	[0,788]	[0,020]	[0,247]	[0,375]
K	0,183	0,034	0,125	0,169	-0,031	-0,055
	[0,370]	[0,870]	[0,544]	[0,410]	[0,879]	[0,788]
Fe	-0,053	0,243	-0,017	-0,013	0,015	-0,008
	[0,797]	[0,232]	[0,935]	[0,949]	[0,940]	[0,968]
Ti/Ca	0,025	-0,191	0,359	-0,020	0,177	-0,105
	[0,905]	[0,351]	[0,071]	[0,921]	[0,386]	[0,608]
Taxa sedimentação	-0,599	0,274	0,039	0,568	-0,106	-0,209
	[0,001]	[0,175]	[0,851]	[0,002]	[0,607]	[0,306]

Tabela B.8: Correlações [valores P] entre as variáveis do Conjunto 1 e as variáveis do Conjunto 5, para Grupo 5 (continuação).

	Total bentônicos	Total planctônicos
Ctotal (%)	-0,044	-0,176
	[0,832]	[0,390]
CaCO₃ (%)	0,367	-0,279
	[0,065]	[0,167]
C/N	-0,138	0,128
	[0,500]	[0,533]
Al	-0,091	-0,153
	[0,659]	[0,456]
Si	-0,173	-0,303
	[0,398]	[0,133]
K	0,116	-0,095
	[0,571]	[0,644]
Fe	0,099	0,098
	[0,631]	[0,636]
Ti/Ca	0,230	-0,176
	[0,257]	[0,389]
Taxa sedimentação	-0,030	-0,507
	[0,885]	[0,008]

Tabela B.9: Correlações [valores P] entre as variáveis do Conjunto 2 e as variáveis do Conjunto 5, para Grupo 5.

	$\delta^{13}\text{C}$ G. ruber	$\delta^{18}\text{O}$ G. ruber	$\delta^{13}\text{C}$ G. inflata	$\delta^{18}\text{O}$ G. inflata
Ctotal (%)	-0,346	-0,415	0,109	0,011
	[0,083]	[0,035]	[0,596]	[0,958]
CaCO₃ (%)	-0,098	-0,473	-0,106	-0,163
	[0,632]	[0,015]	[0,608]	[0,426]
C/N	-0,403	0,034	0,390	0,120
	[0,041]	[0,871]	[0,049]	[0,558]
Al	0,082	-0,254	0,205	-0,015
	[0,692]	[0,210]	[0,315]	[0,943]
Si	-0,072	-0,411	0,251	-0,163
	[0,726]	[0,037]	[0,216]	[0,425]
K	-0,061	-0,096	0,242	0,051
	[0,768]	[0,641]	[0,234]	[0,805]
Fe	-0,004	0,089	-0,209	0,256
	[0,984]	[0,666]	[0,306]	[0,207]
Ti/Ca	0,275	0,009	-0,045	-0,130
	[0,175]	[0,964]	[0,828]	[0,527]
Taxa sedimentação	0,218	-0,419	-0,176	-0,204
	[0,286]	0,033	0,39	0,317

Tabela B.10: Correlações [valores P] entre as variáveis do Conjunto 3 e as variáveis do Conjunto 5, para Grupo 5.

	Brancas	Róseas	Douradas	Preto-iridescentes	Alaranjadas	Testas com M.O.
Ctotal (%)	-0,037	-0,010	-0,340	-0,233	0,181	*
	[0,859]	[0,961]	[0,089]	[0,251]	[0,375]	[*]
CaCO₃ (%)	0,175	0,005	-0,008	-0,148	0,094	*
	[0,394]	[0,981]	[0,969]	[0,471]	[0,647]	[*]
C/N	0,064	0,260	-0,207	-0,193	-0,120	*
	[0,755]	[0,200]	[0,310]	[0,344]	[0,559]	[*]
Al	-0,051	-0,254	-0,381	-0,135	0,272	*
	[0,805]	[0,210]	[0,055]	[0,512]	[0,178]	[*]
Si	-0,266	-0,343	-0,339	0,127	0,103	*
	[0,189]	[0,086]	[0,090]	[0,538]	[0,618]	[*]
K	0,176	-0,137	-0,296	-0,197	0,275	*
	[0,389]	[0,503]	[0,143]	[0,334]	[0,173]	[*]
Fe	0,107	0,088	0,186	-0,407	0,022	*
	[0,601]	[0,668]	[0,364]	[0,039]	[0,914]	[*]
Ti/Ca	-0,030	0,085	0,344	0,024	-0,251	*
	[0,883]	[0,679]	[0,085]	[0,909]	[0,216]	[*]
Taxa sedimentação	-0,332	-0,603	-0,208	0,092	0,187	*
	[0,098]	[0,001]	[0,308]	[0,656]	[0,360]	[*]

Tabela B.11: Correlações [valores P] entre as variáveis do Conjunto 4 e as variáveis do Conjunto 5, para Grupo 5.

	Completamente fragmentadas	Parcialmente fragmentadas	Testas inteiras
Ctotal (%)	-0,193	-0,027	-0,188
	[0,344]	[0,896]	[0,359]
CaCO₃ (%)	-0,177	0,219	0,091
	[0,388]	[0,281]	[0,657]
C/N	-0,307	-0,252	0,074
	[0,127]	[0,214]	[0,721]
Al	0,254	0,189	-0,334
	[0,211]	[0,356]	[0,095]
Si	0,199	0,048	-0,495
	[0,330]	[0,818]	[0,010]
K	0,271	0,237	-0,063
	[0,181]	[0,244]	[0,761]
Fe	-0,135	0,106	0,155
	[0,512]	[0,607]	[0,449]
Ti/Ca	-0,298	0,146	0,057
	[0,140]	[0,478]	[0,782]
Taxa sedimentação	0,213	-0,062	-0,453
	[0,296]	[0,764]	[0,020]

Apêndice C

Gráficos

Gráfico C.1: Perfis dos Elementos Geoquímicos (C/N) em relação às profundidades.

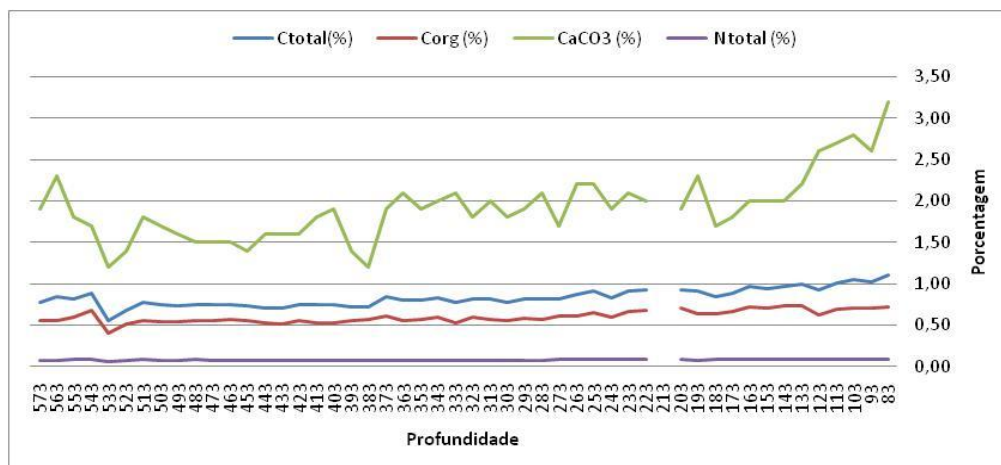


Gráfico C.2: Perfil da Razão dos Elementos Geoquímicos carbono (Corg) e Nitrogênio (Ntotal) em relação às profundidades.

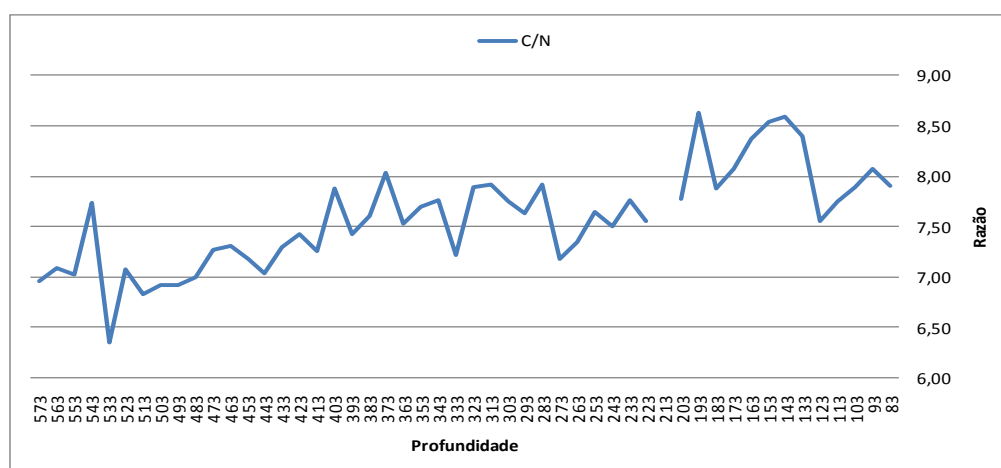


Gráfico C.3: Perfis dos Elementos Geoquímicos Padronizados relação às profundidades.

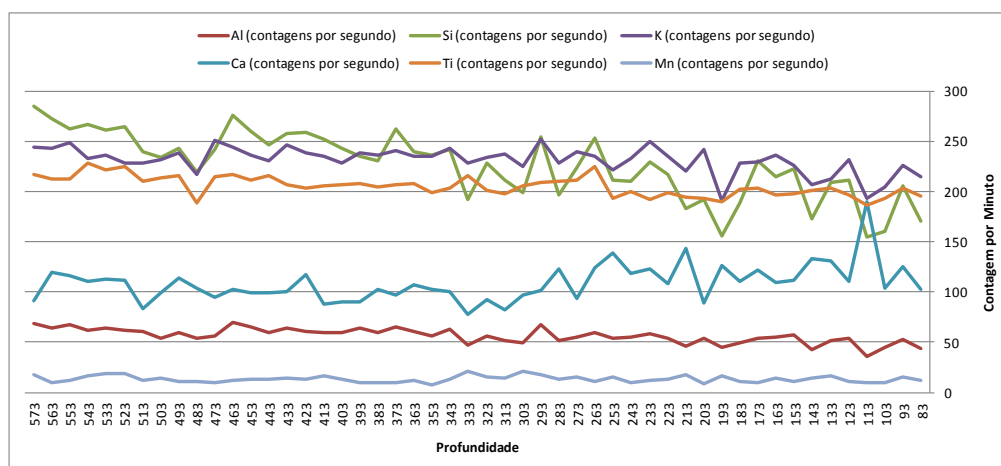


Gráfico C.4: Perfil da Razão dos Elementos Titânio (Ti) e Cálcio (Ca) em relação às profundidades.

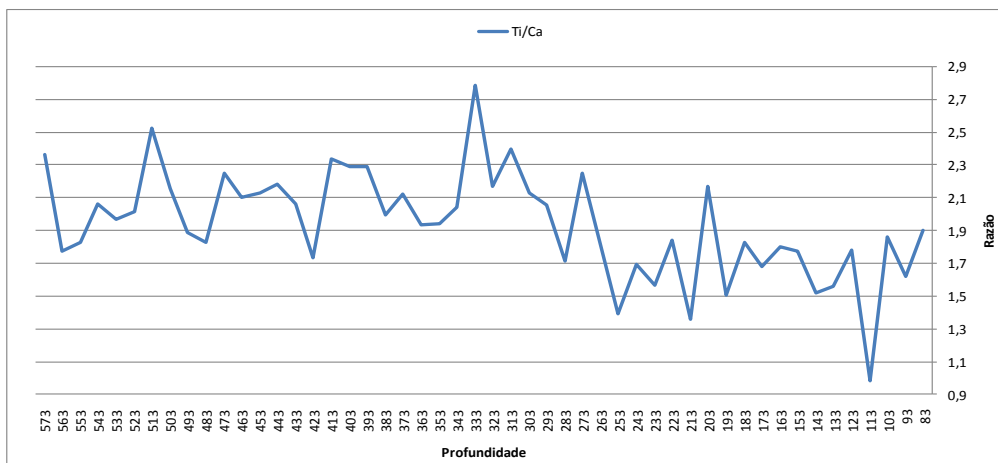


Gráfico C.5: Perfil do Elemento Ferro (Fe) em relação às profundidades.

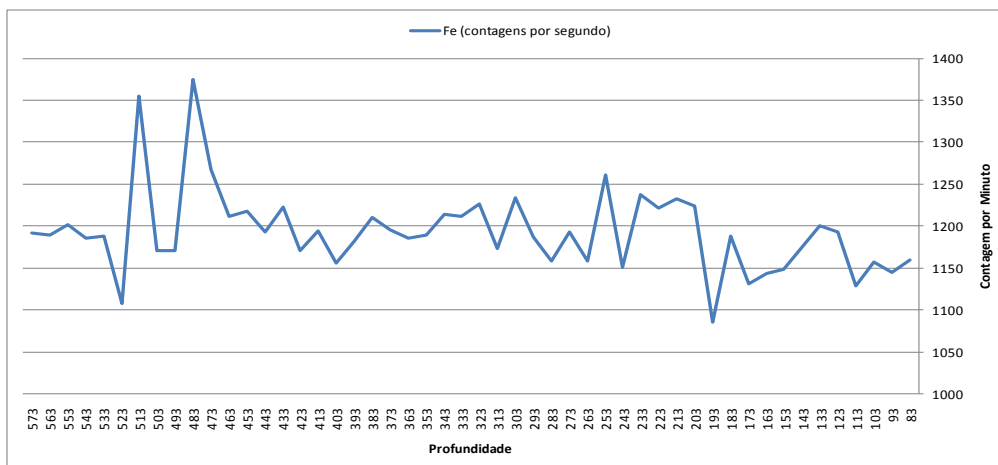


Gráfico C.6: Perfil da Taxa de Sedimentação em relação às profundidades.

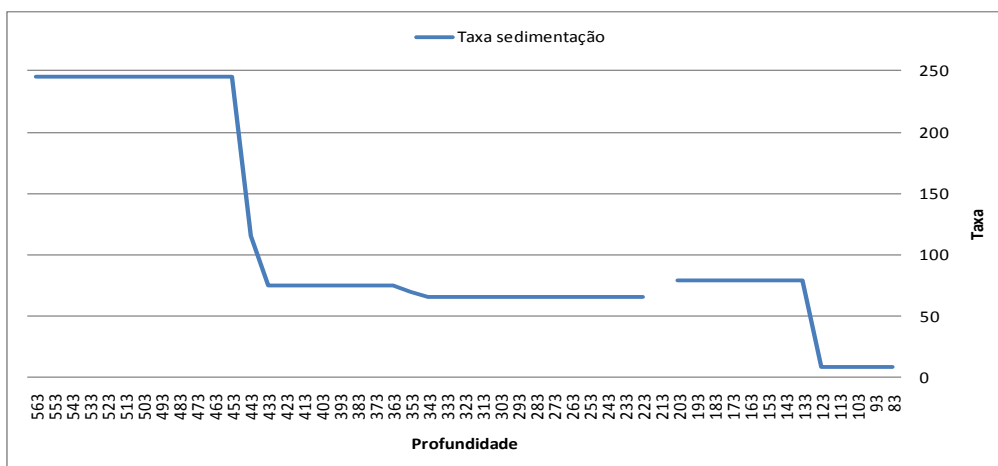


Gráfico C.7: Perfil do Número de foraminíferos da espécie *Cassidulinoides Brasiliensis* em relação às profundidades.

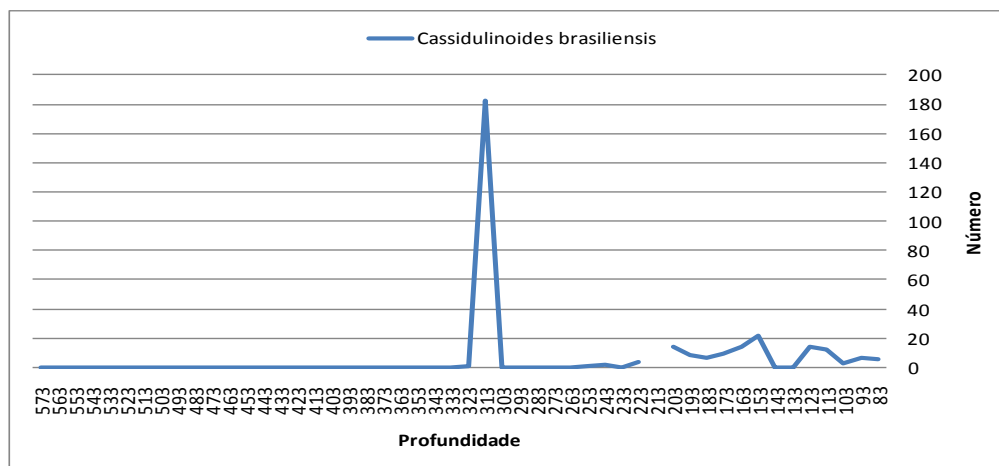


Gráfico C.8: Perfis do Número de foraminíferos das espécies *Bulimina elongata* e *Bulimina marginata* em relação às profundidades.

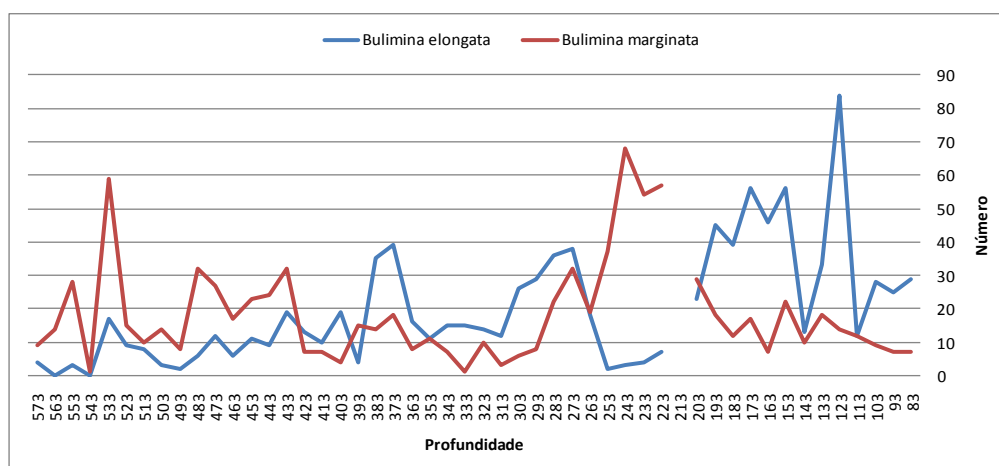


Gráfico C.9: Perfis do Número de foraminíferos das espécies *Cassidulinoides SP* e *Cibicides refulgens* em relação às profundidades.

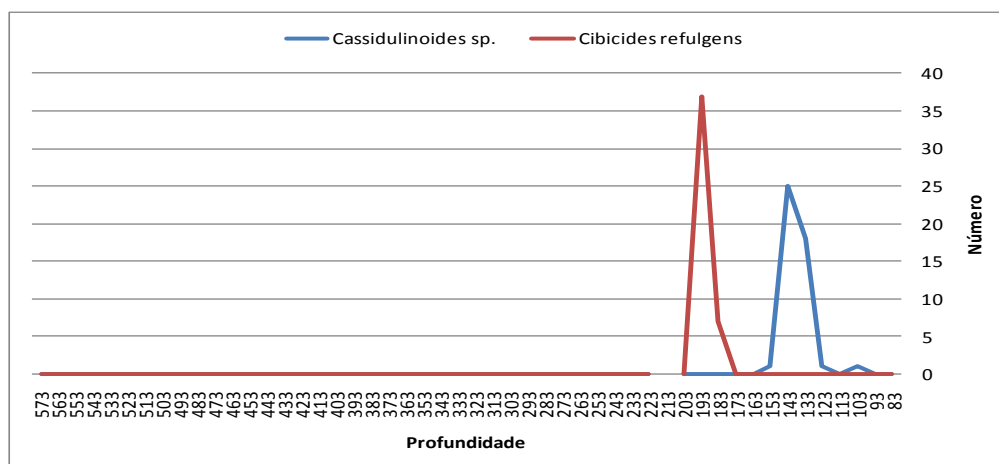


Gráfico C.10: Perfil do Número de foraminíferos da espécie *Fursenkoina* sp em relação às profundidades.

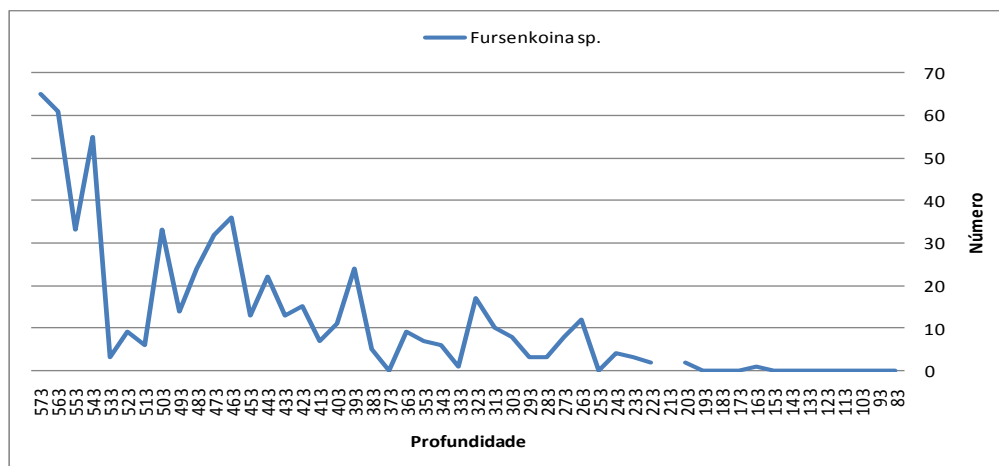


Gráfico C.11: Perfil do Número de foraminíferos da espécie *Brisalina subaenariensis* em relação às profundidades.

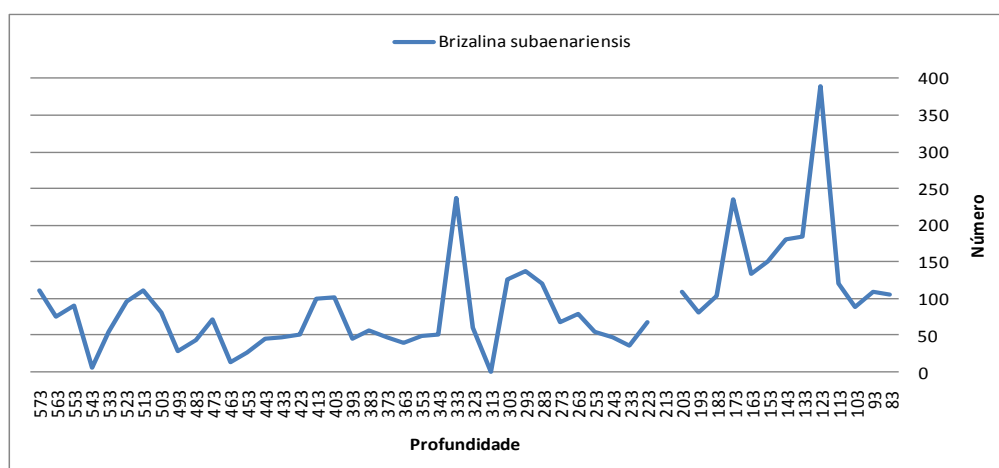


Gráfico C.12: Perfis do Número de foraminíferos das espécies *Pseudononion atlanticum* e *Pseudononion grateloupi* em relação às profundidades.

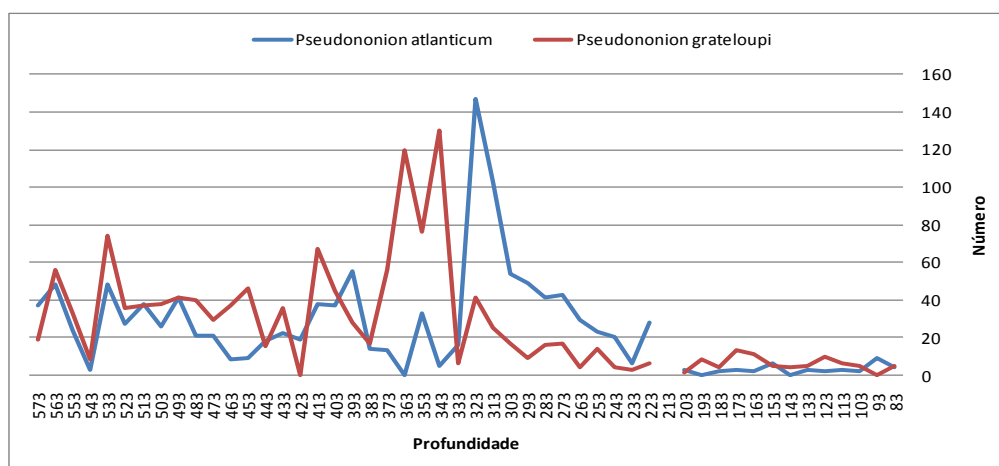


Gráfico C.13: Perfis da Isotopia $\delta^{18}\text{O}$, por espécie, em relação às profundidades.

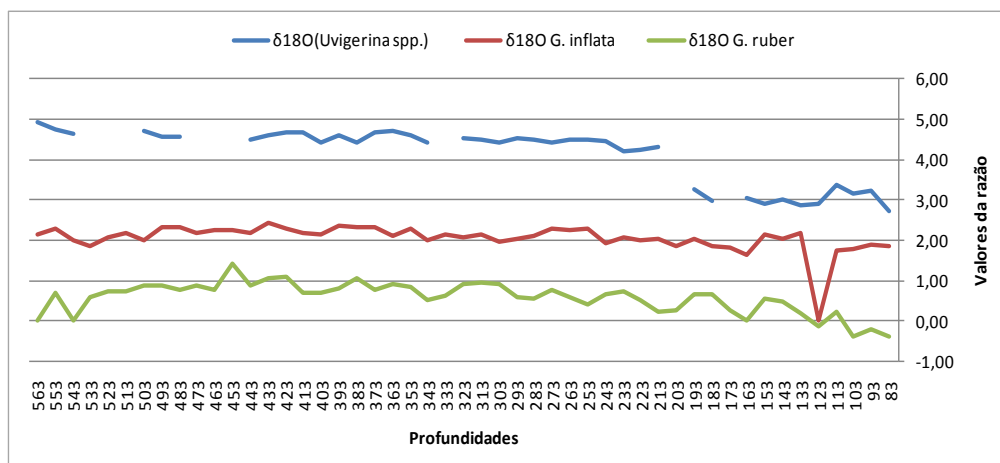


Gráfico C.14: Perfis da Isotopia $\delta^{13}\text{C}$, por espécie, em relação às profundidades.

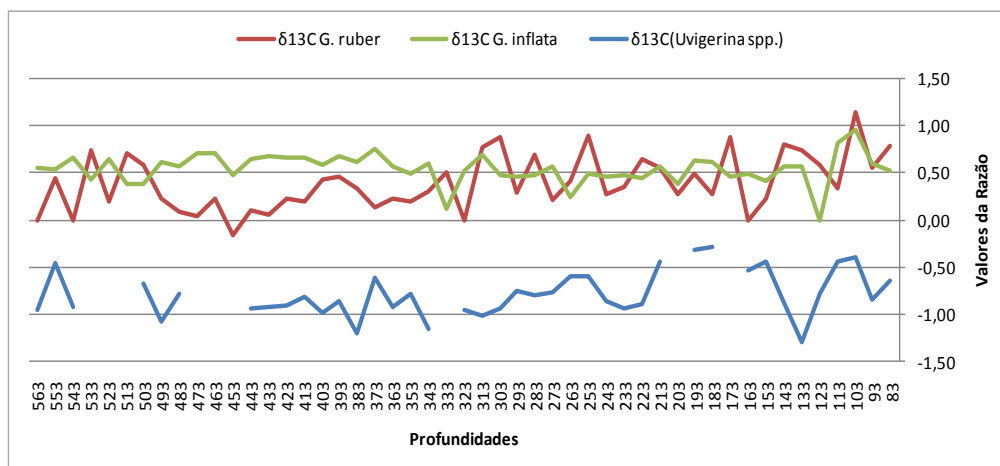


Gráfico C.15: Perfis da Densidade Total de Foraminíferos, do Total de Bentônicos e do Total de Planctônicos em relação às profundidades.

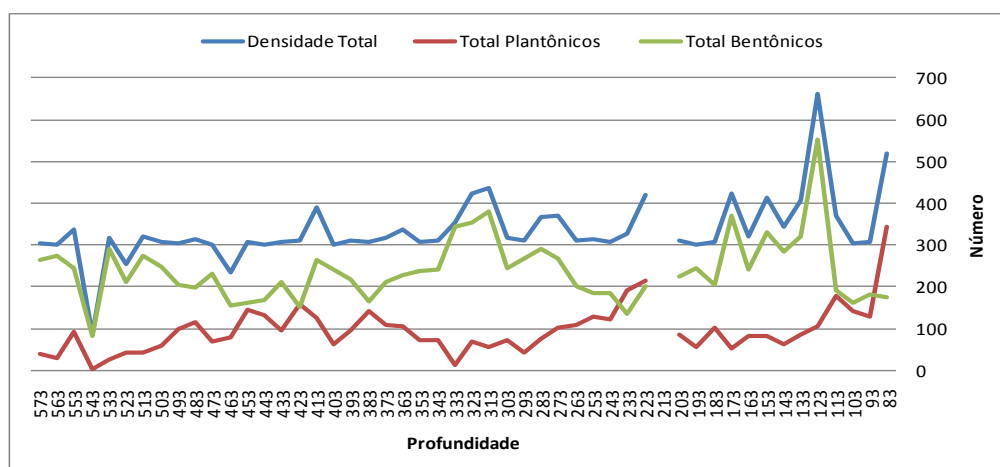


Gráfico C.16: Perfil da Diversidade de Bentônicos em relação às profundidades.

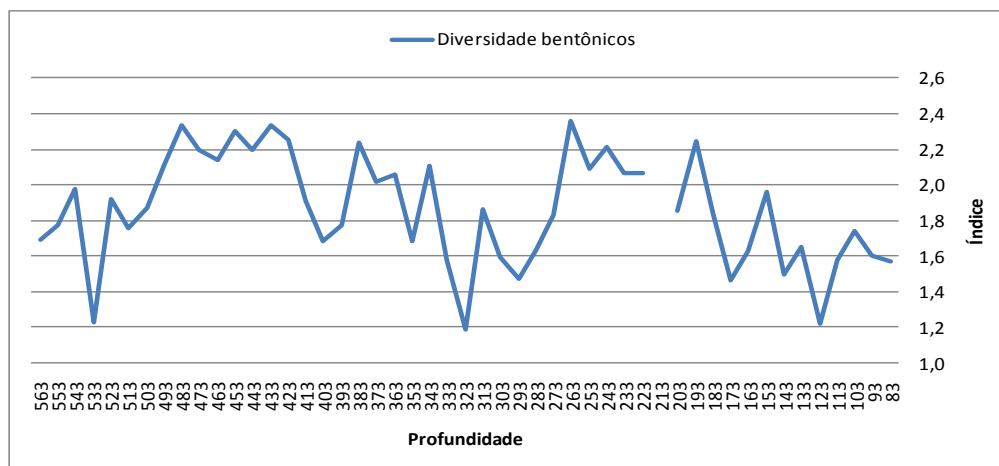


Gráfico C.17: Perfis do Número de espécies indicadoras de ambientes Óxidos (OI) e Dióxidos (DI) em relação às profundidades.

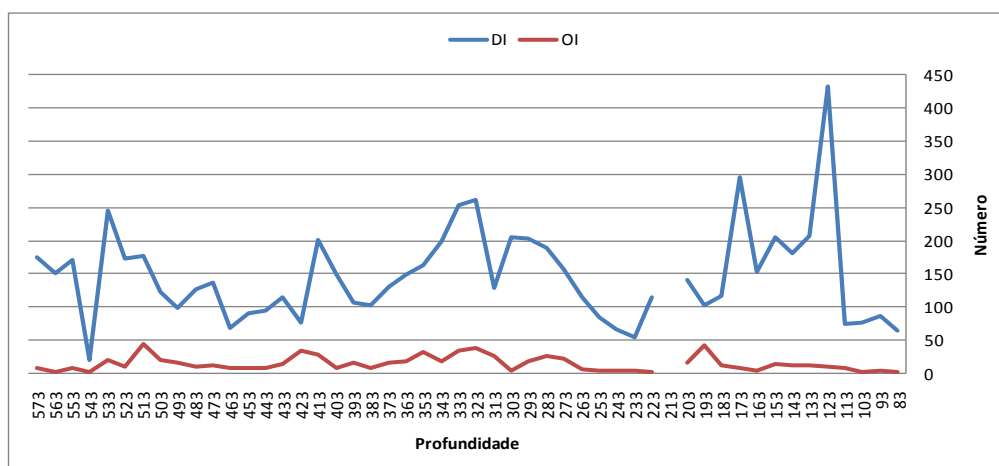


Gráfico C.18: Perfis das variáveis Infaunal e Epifaunal em relação às profundidades.

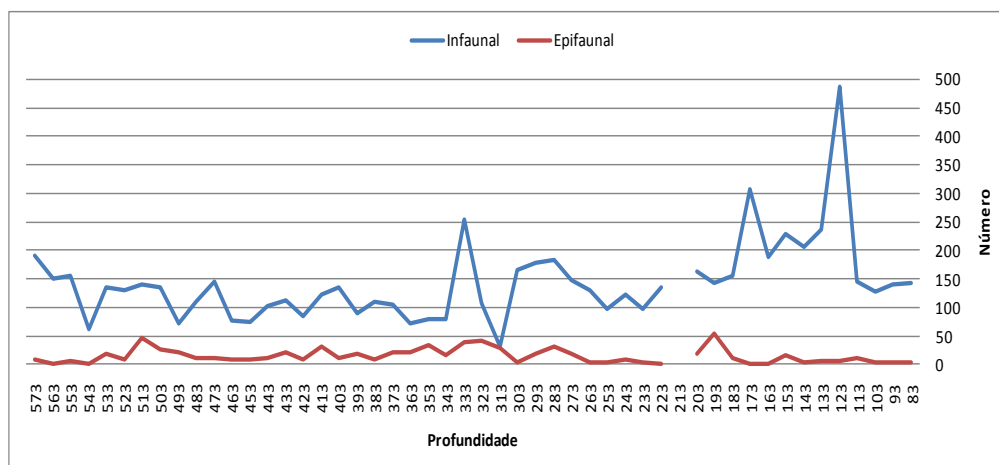


Gráfico C.19: Perfis do Número de espécies indicadoras de Águas Profundas (EAP) e Rasas (EAR) em relação às profundidades.

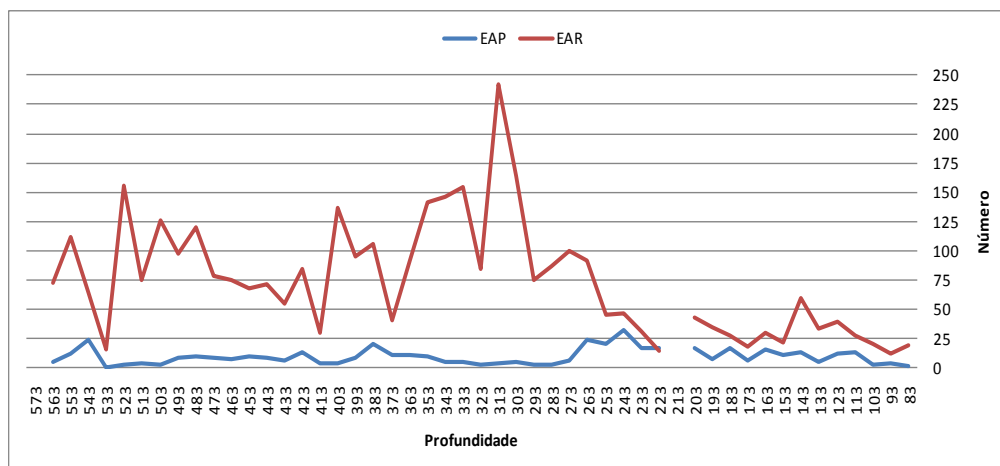


Gráfico C.20: Perfis do Número de espécies indicadoras de Águas Frias (EAF) e Quentes (EAQ) em relação às profundidades.

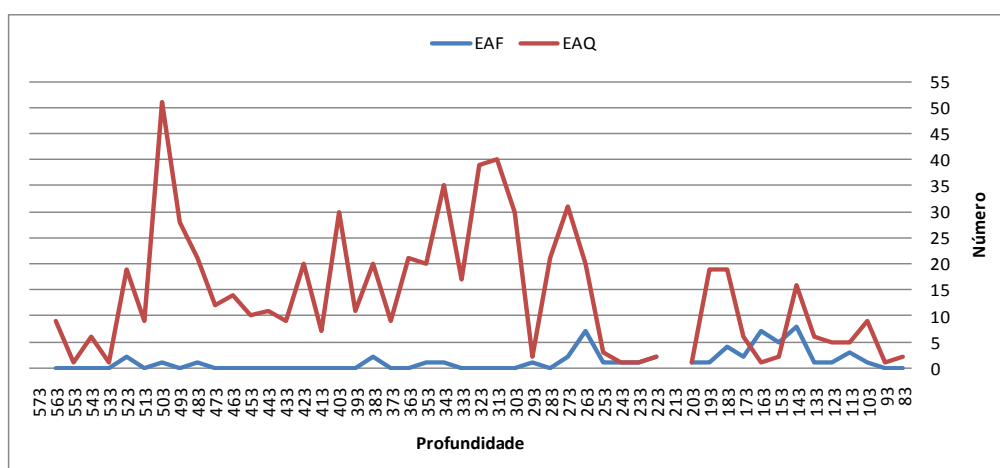


Gráfico C.21: Perfis do Número de espécies indicadoras de Massas de Água Tropical (AT) e Massas de Água Central do Atlântico Sul (ACAS) em relação às profundidades.

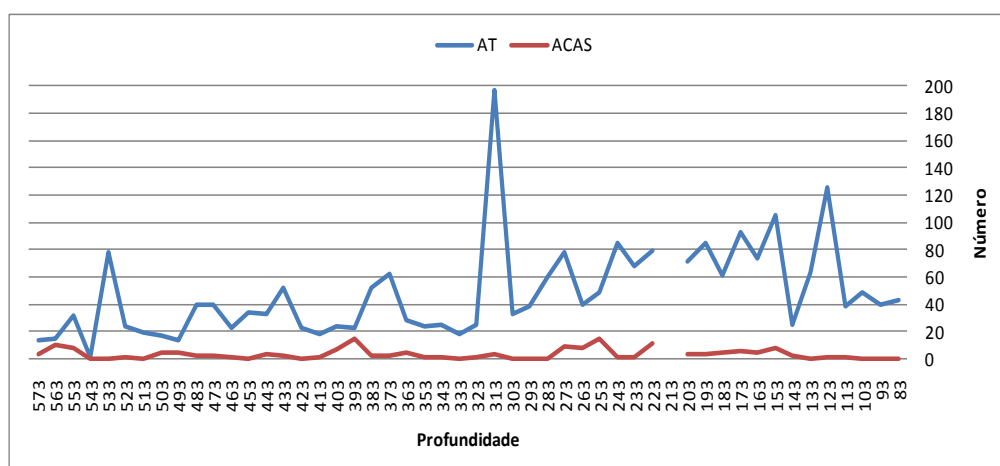


Gráfico C.22: Perfil da variável BFHP em relação às profundidades.

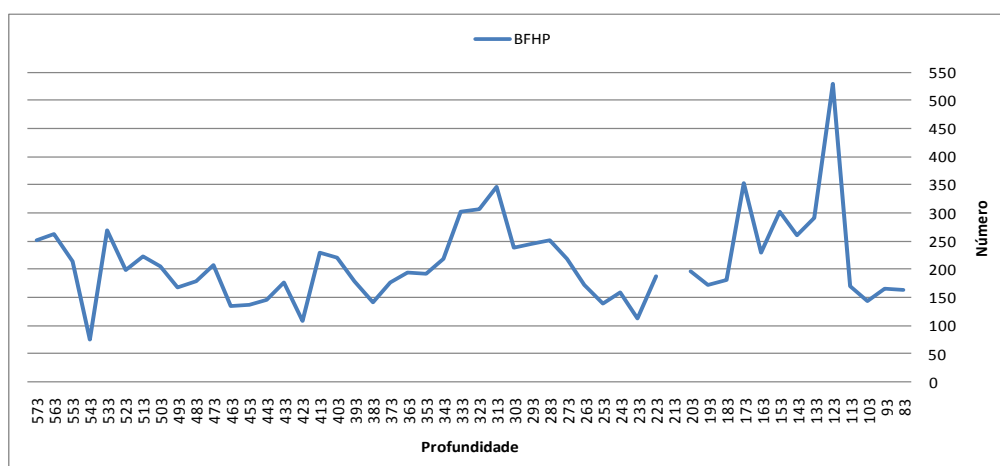


Gráfico C.23: Perfil do índice BFOI em relação às profundidades.

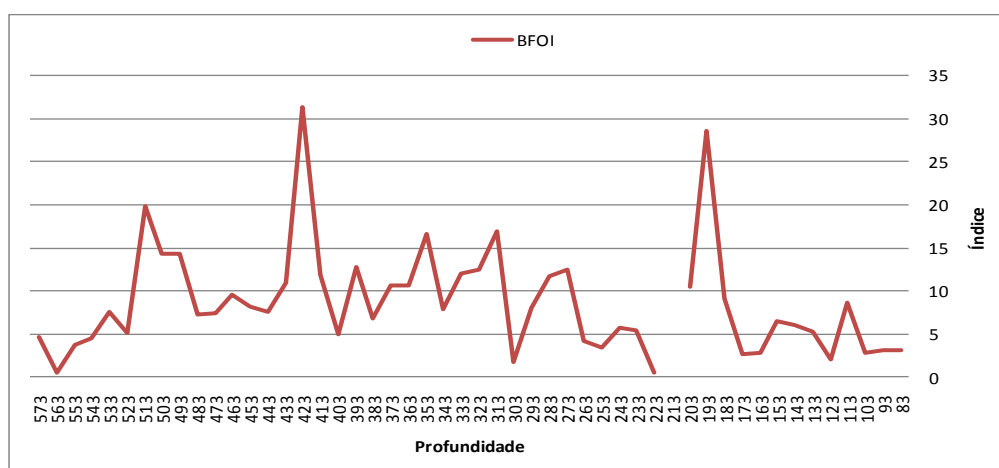


Gráfico C.24: Perfis das Porcentagens de testas inteiras, parcialmente fragmentadas ou totalmente fragmentadas em relação às profundidades.

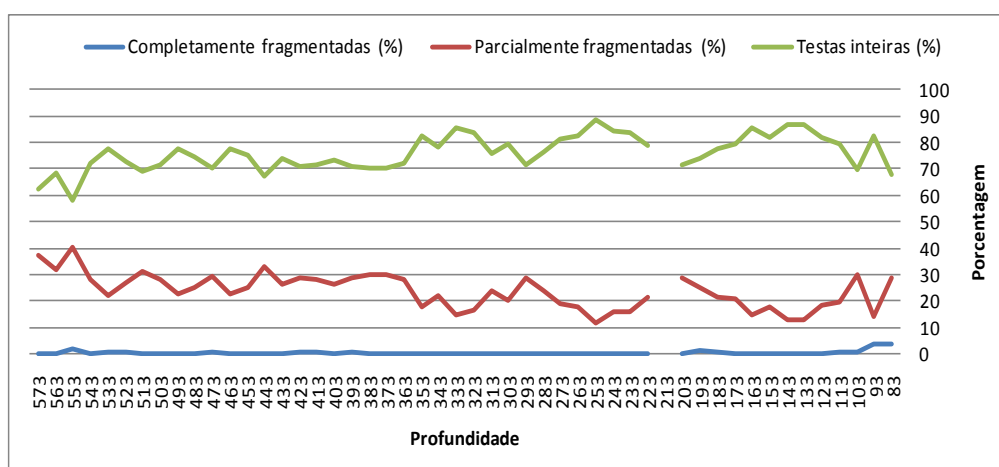


Gráfico C.25: Perfis das Porcentagens de testas brancas, róseas, douradas, preto-iridescentes, alaranjadas ou testas com M.O. em relação às profundidades.

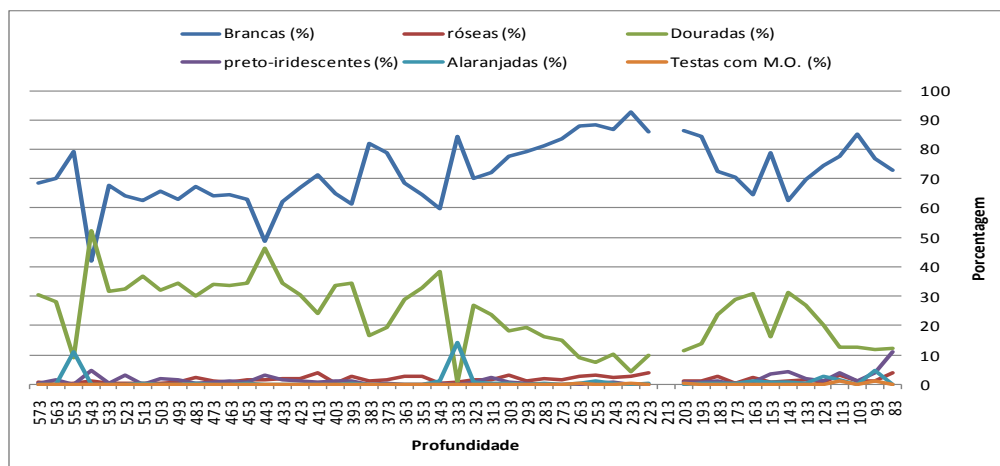


Gráfico C.26: G x Número de Grupos.

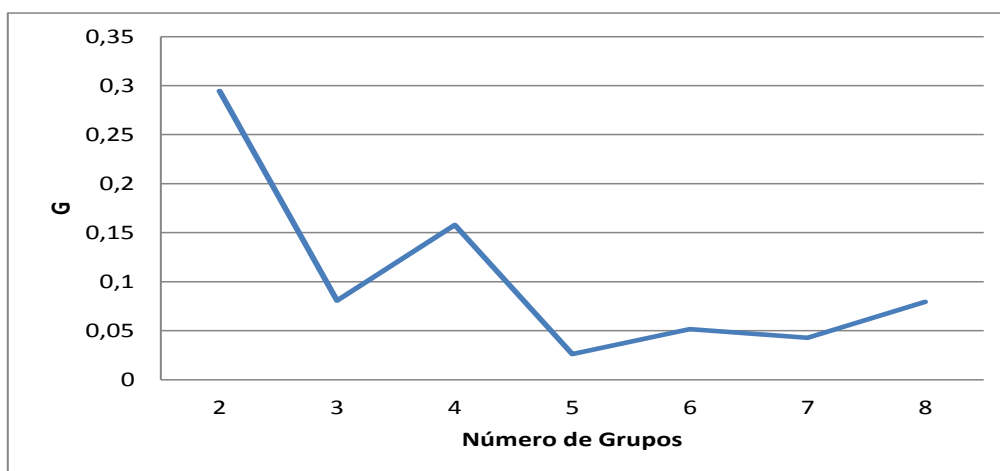


Gráfico C.27: Gráfico de Área das variáveis *Bulimina elongata*, *Bulimina marginata*, *Brizalina subaenariensis*, *Fursenkoina* sp., *Pseudononion atlanticum*, *Pseudononion grateloupi*, Total de Bentônicos e Total de Planctônicos para o Grupo 1.

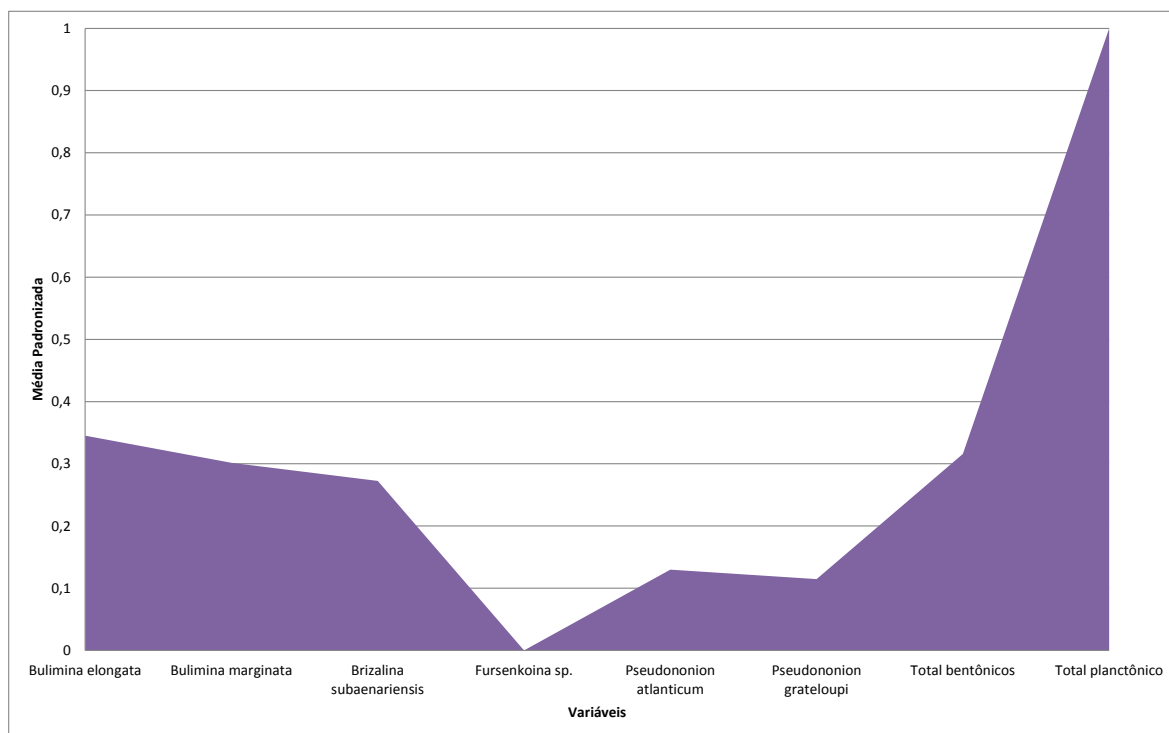


Gráfico C.28: Gráfico de Área das variáveis *Bulimina elongata*, *Bulimina marginata*, *Brizalina subaenariensis*, *Fursenkoina* sp., *Pseudononion atlanticum*, *Pseudononion grateloupi*, Total de Bentônicos e Total de Planctônicos para o Grupo 2.

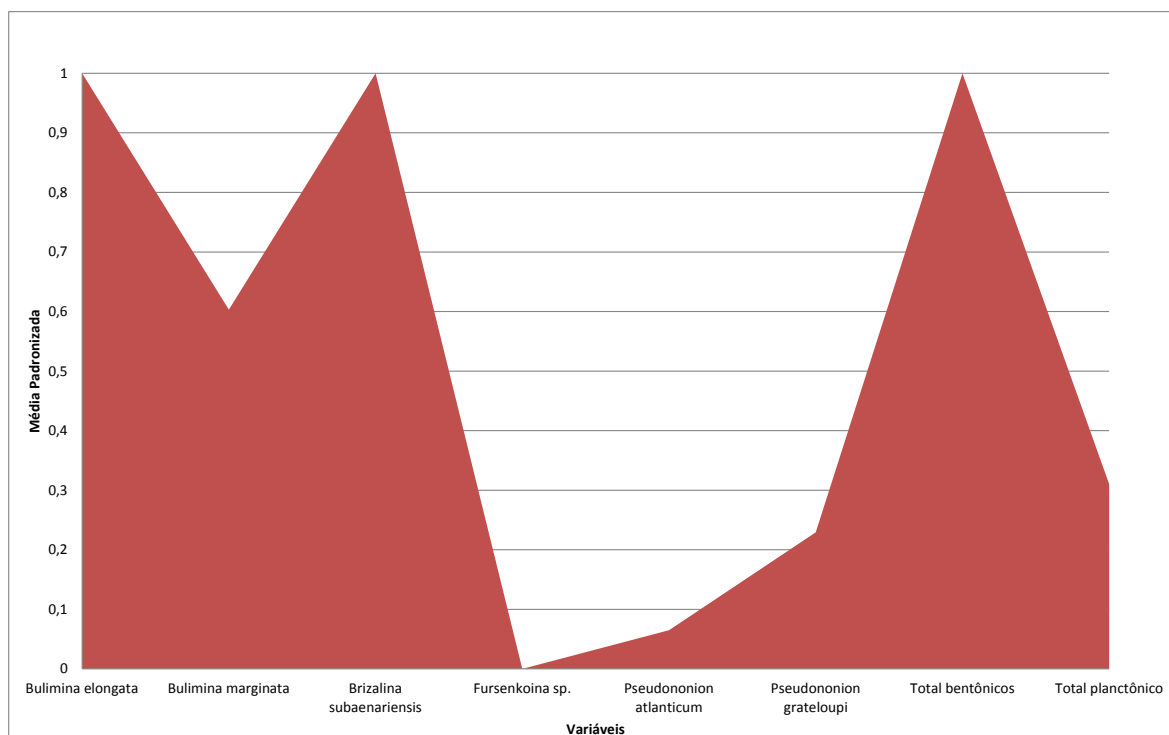


Gráfico C.29: Gráfico de Área das variáveis *Bulimina elongata*, *Bulimina marginata*, *Brizalina subaenariensis*, *Fursenkoina sp.*, *Pseudononion atlanticum*, *Pseudononion grateloupi*, Total de Bentônicos e Total de Planctônicos para o Grupo 3.

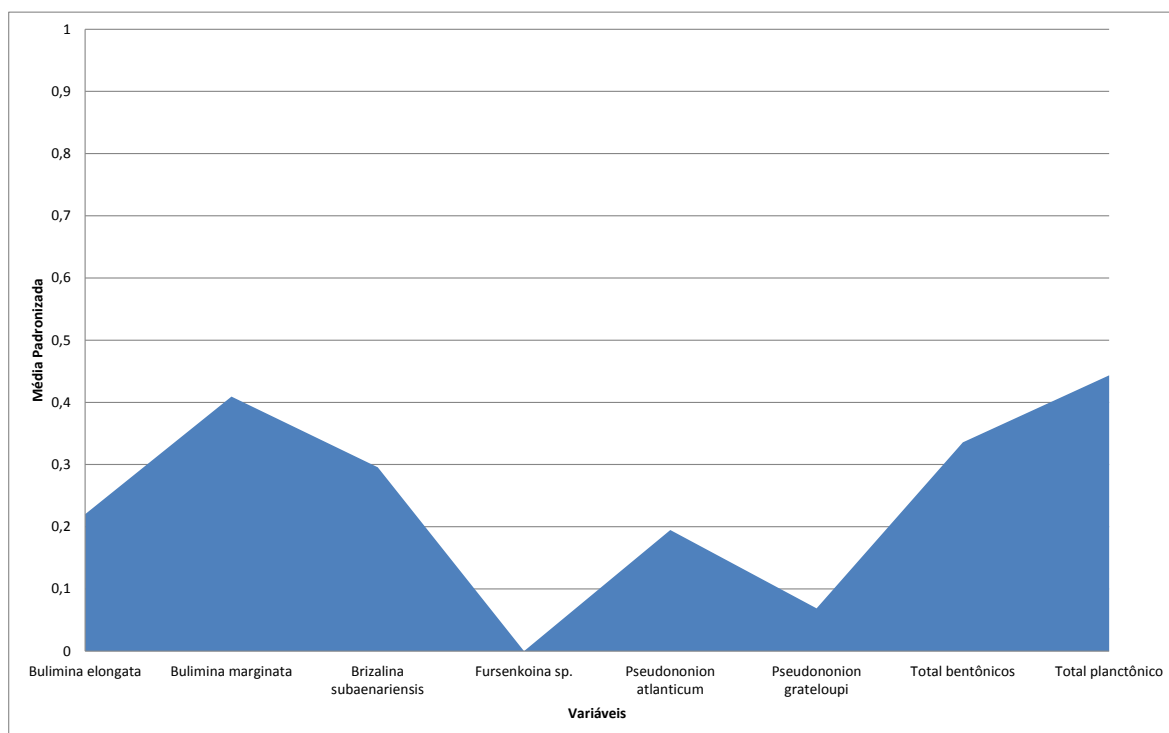


Gráfico C.30: Gráfico de Área das variáveis *Bulimina elongata*, *Bulimina marginata*, *Brizalina subaenariensis*, *Fursenkoina sp.*, *Pseudononion atlanticum*, *Pseudononion grateloupi*, Total de Bentônicos e Total de Planctônicos para o Grupo 4.

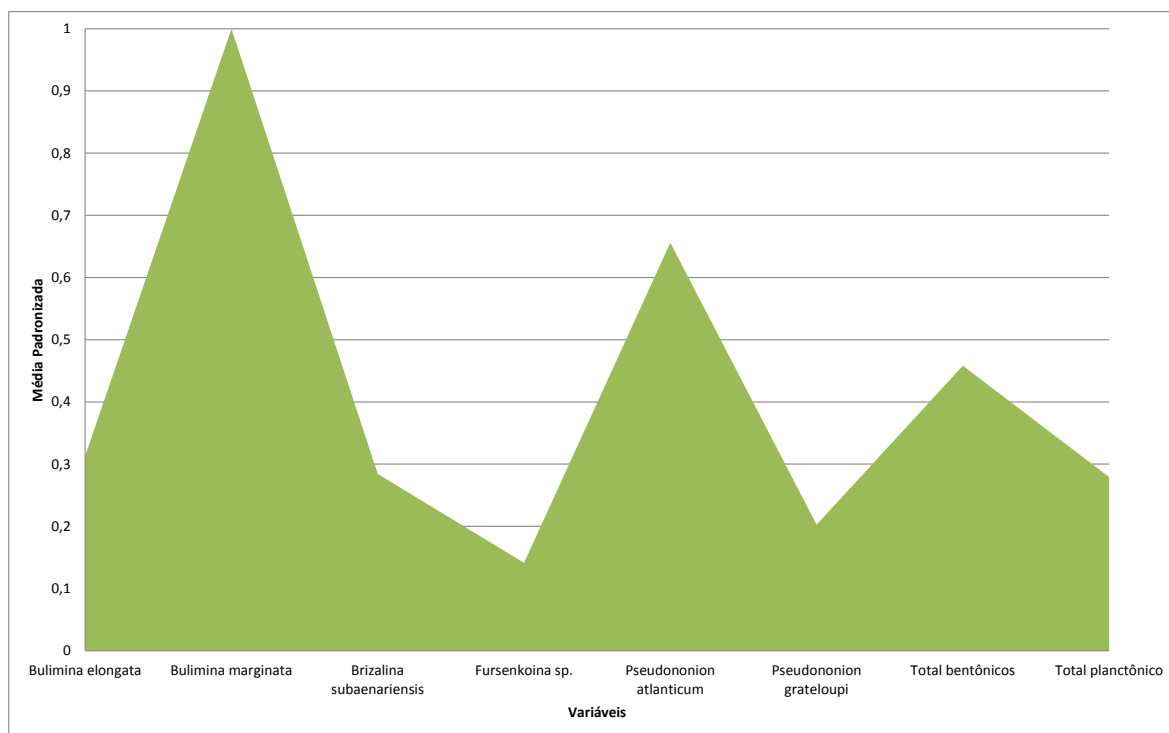


Gráfico C.31: Gráfico de Área das variáveis *Bulimina elongata*, *Bulimina marginata*, *Brizalina subaenariensis*, *Fursenkoina sp.*, *Pseudononion atlanticum*, *Pseudononion grateloupi*, Total de Bentônicos e Total de Planctônicos para o Grupo 5.

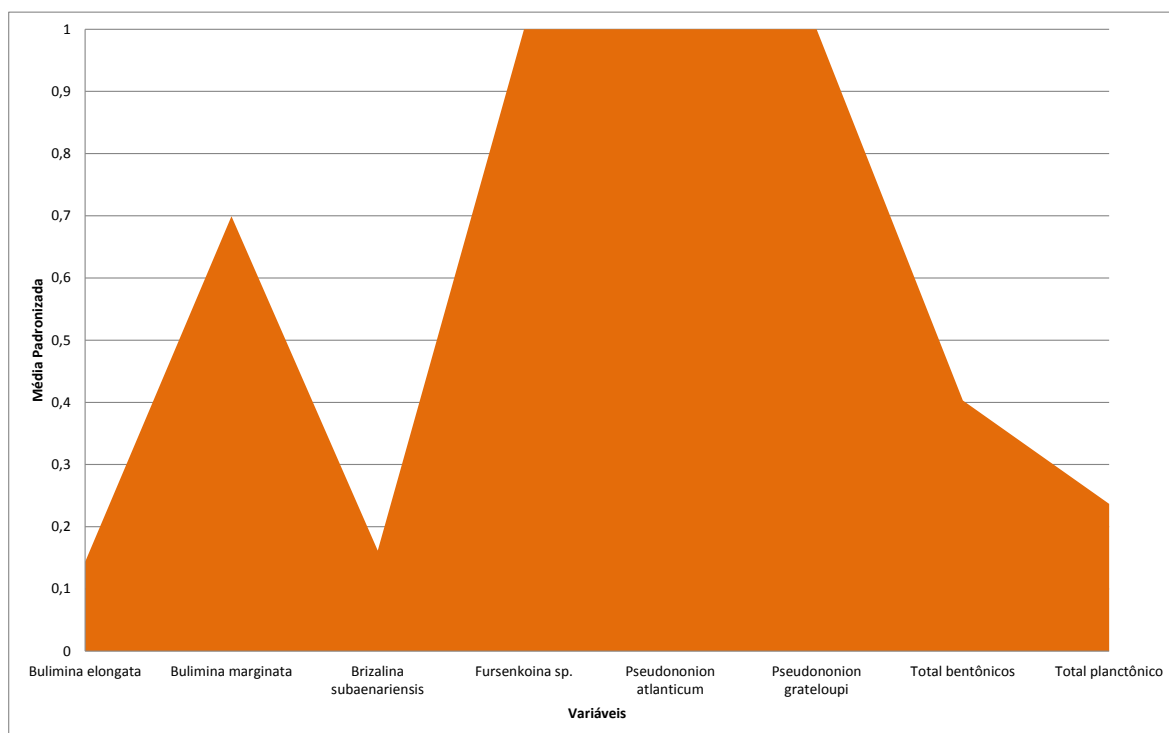


Gráfico C.32: Gráfico de Área das variáveis $\delta^{13}\text{C}$ *G. ruber* (permil VPDB), $\delta^{18}\text{O}$ *G. ruber* (permil VPDB), $\delta^{13}\text{C}$ *G. inflata* (permil VPDB) e $\delta^{18}\text{O}$ *G. inflata* (permil VPDB) para o Grupo 1.

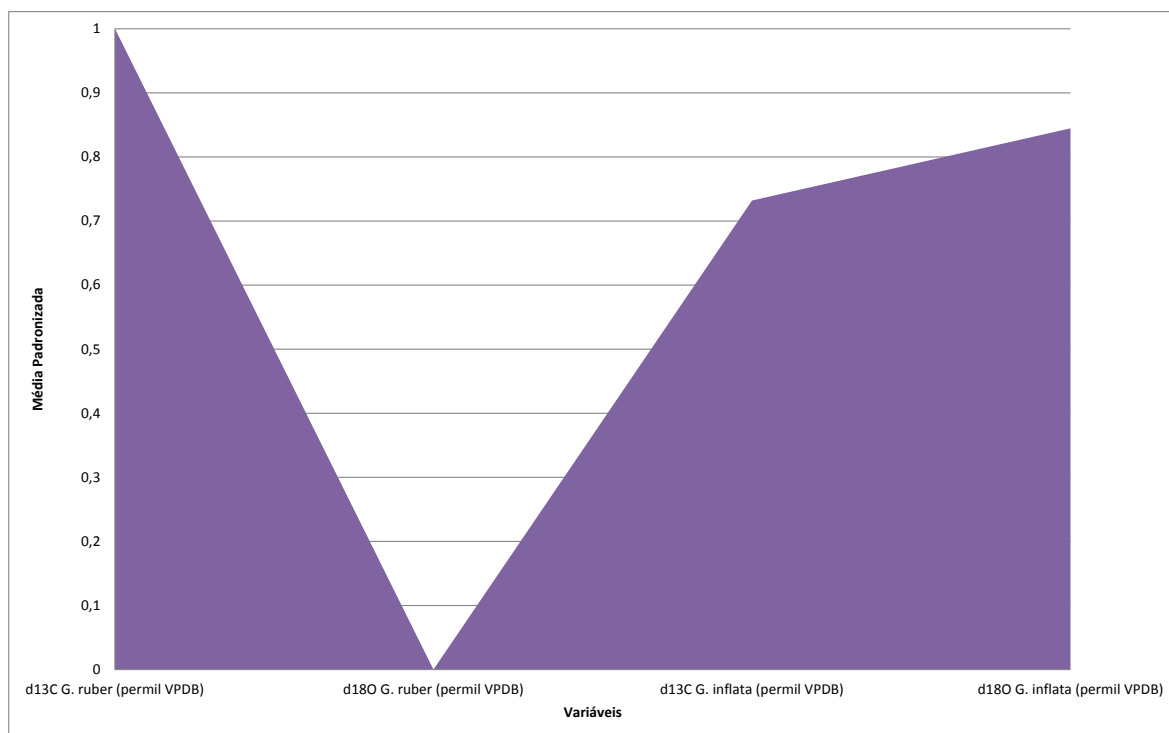


Gráfico C.33: Gráfico de Área das variáveis $\delta^{13}\text{C}$ *G. ruber* (permil VPDB), $\delta^{18}\text{O}$ *G. ruber* (permil VPDB), $\delta^{13}\text{C}$ *G. inflata* (permil VPDB) e $\delta^{18}\text{O}$ *G. inflata* (permil VPDB) para o Grupo 2.

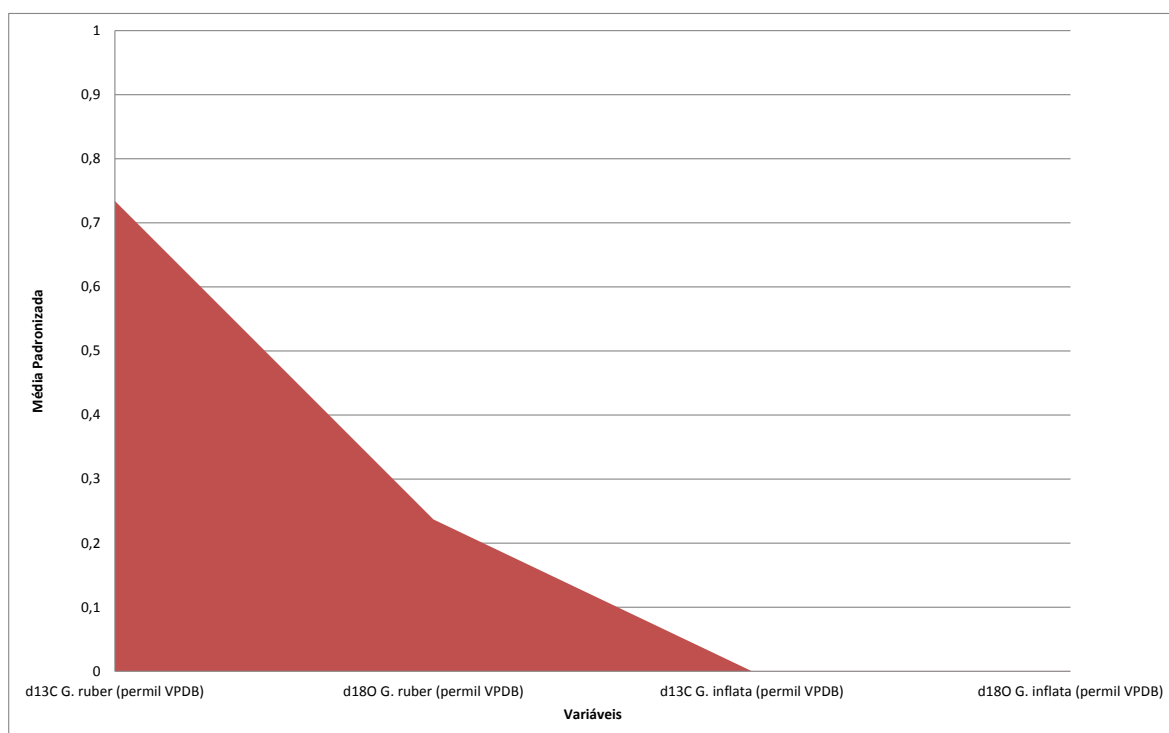


Gráfico C.34: Gráfico de Área das variáveis $\delta^{13}\text{C}$ *G. ruber* (permil VPDB), $\delta^{18}\text{O}$ *G. ruber* (permil VPDB), $\delta^{13}\text{C}$ *G. inflata* (permil VPDB) e $\delta^{18}\text{O}$ *G. inflata* (permil VPDB) para o Grupo 3.

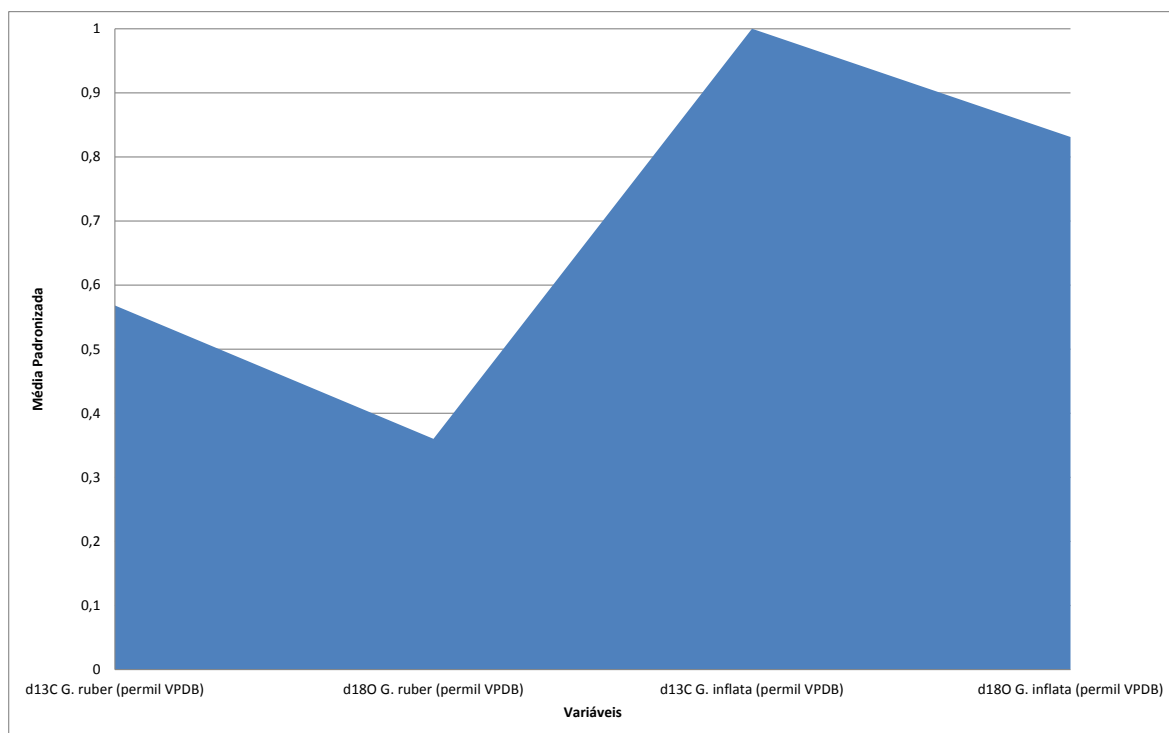


Gráfico C.35: Gráfico de Área das variáveis $\delta^{13}\text{C}$ *G. ruber* (permil VPDB), $\delta^{18}\text{O}$ *G. ruber* (permil VPDB), $\delta^{13}\text{C}$ *G. inflata* (permil VPDB) e $\delta^{18}\text{O}$ *G. inflata* (permil VPDB) para o Grupo 4.

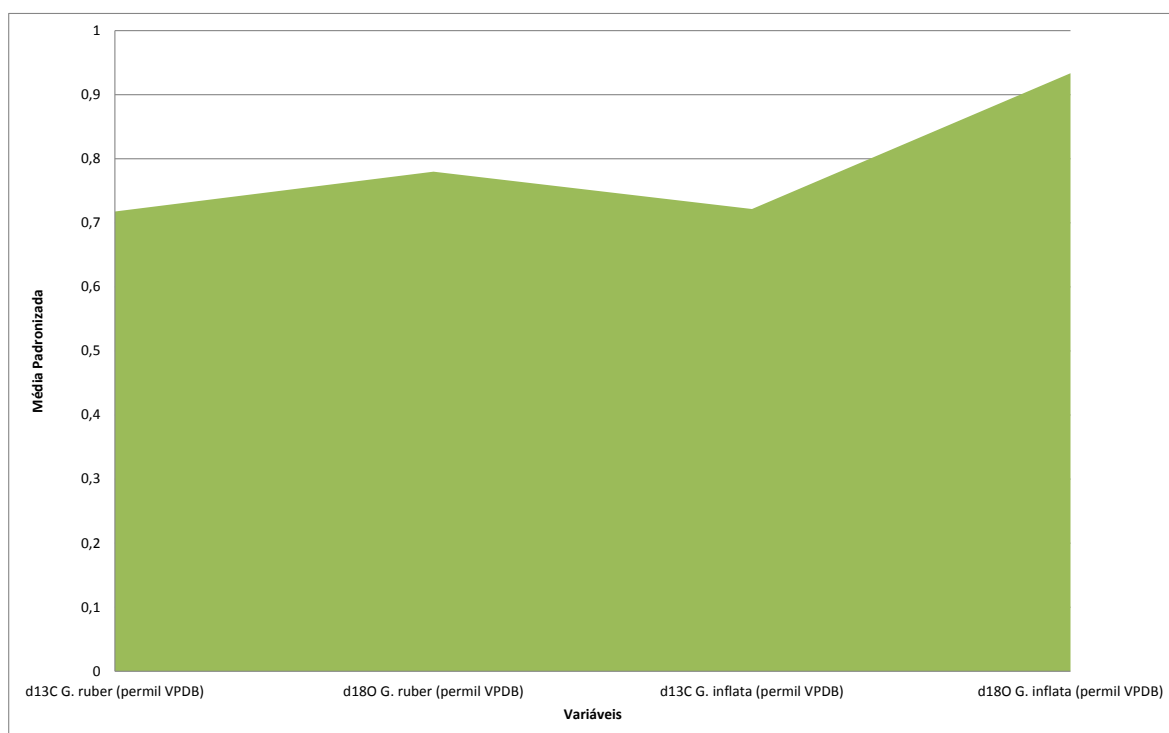


Gráfico C.36: Gráfico de Área das variáveis $\delta^{13}\text{C}$ *G. ruber* (permil VPDB), $\delta^{18}\text{O}$ *G. ruber* (permil VPDB), $\delta^{13}\text{C}$ *G. inflata* (permil VPDB) e $\delta^{18}\text{O}$ *G. inflata* (permil VPDB) para o Grupo 5.

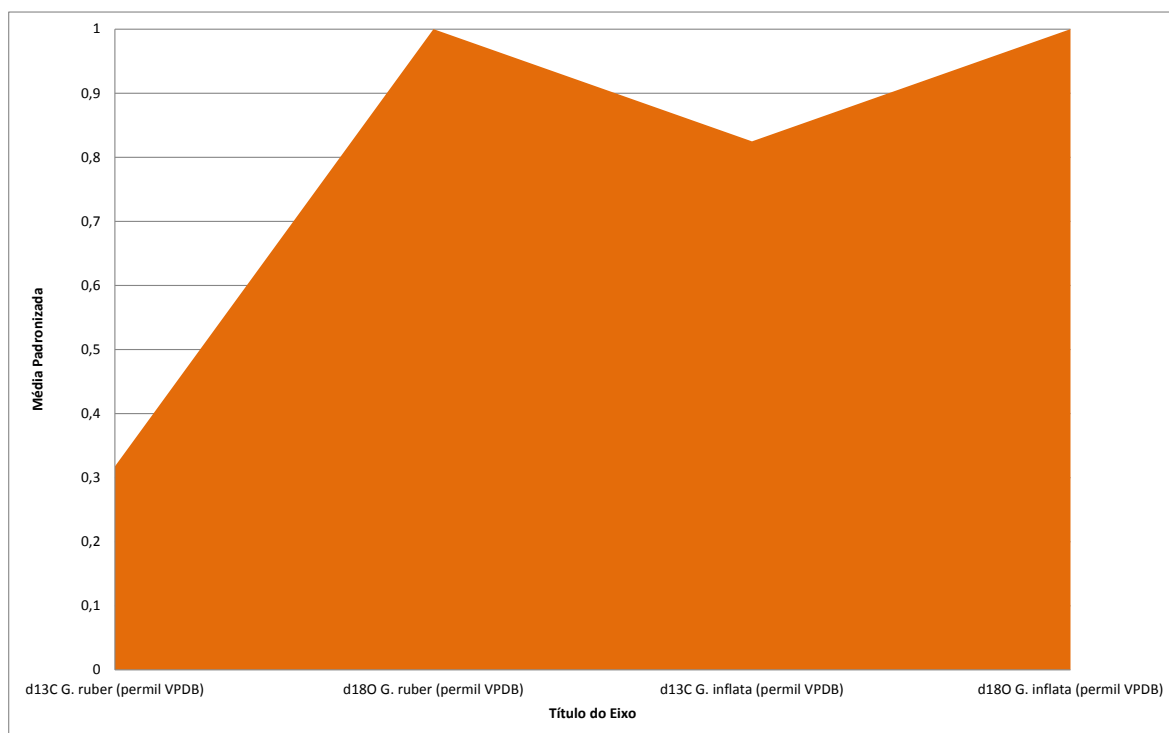


Gráfico C.37: Gráfico de Área das variáveis Número de testas brancas, róseas, douradas, preto-iridescentes, alaranjadas ou testas com M.O. para o Grupo 1.

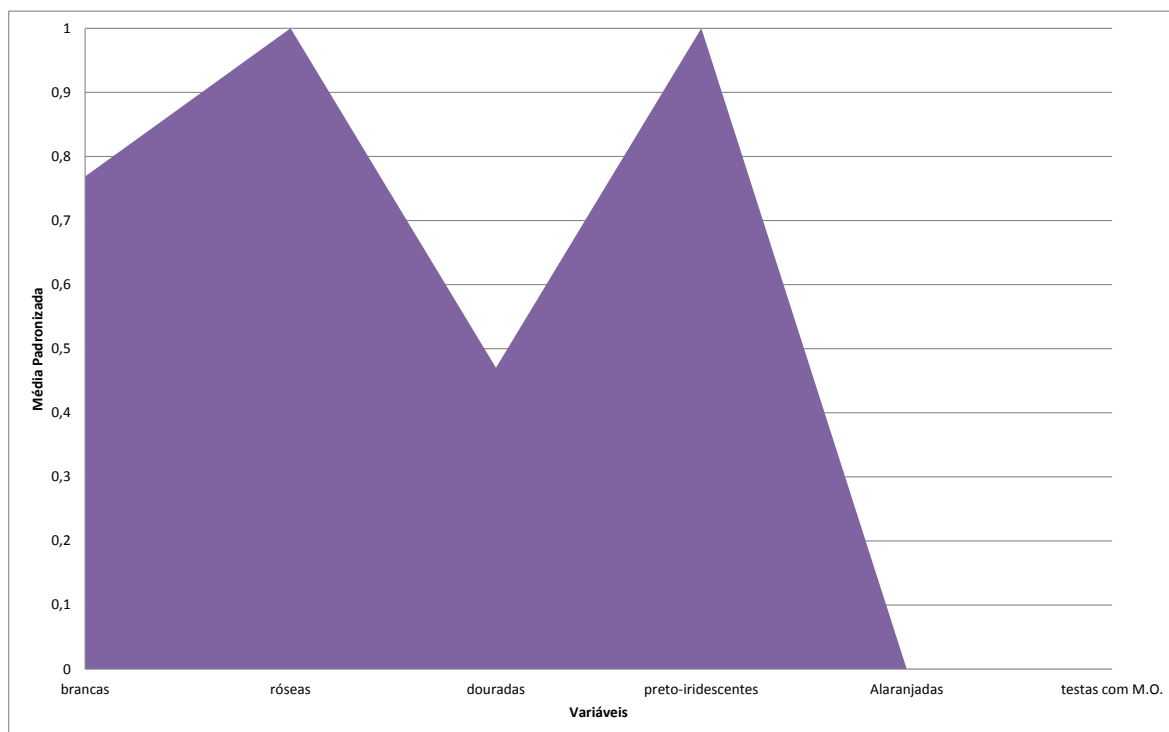


Gráfico C.38: Gráfico de Área das variáveis Número de testas brancas, róseas, douradas, preto-iridescentes, alaranjadas ou testas com M.O. para o Grupo 2.

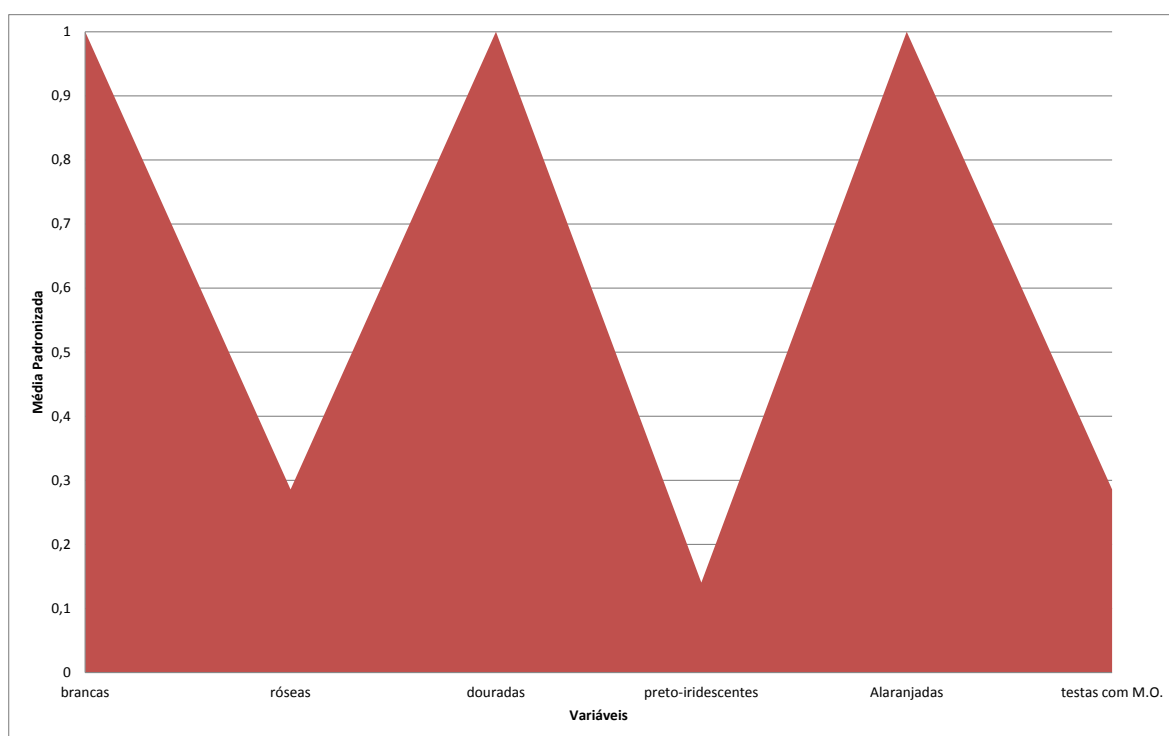


Gráfico C.39: Gráfico de Área das variáveis Número de testas brancas, róseas, douradas, preto-iridescentes, alaranjadas ou testas com M.O. para o Grupo 3.

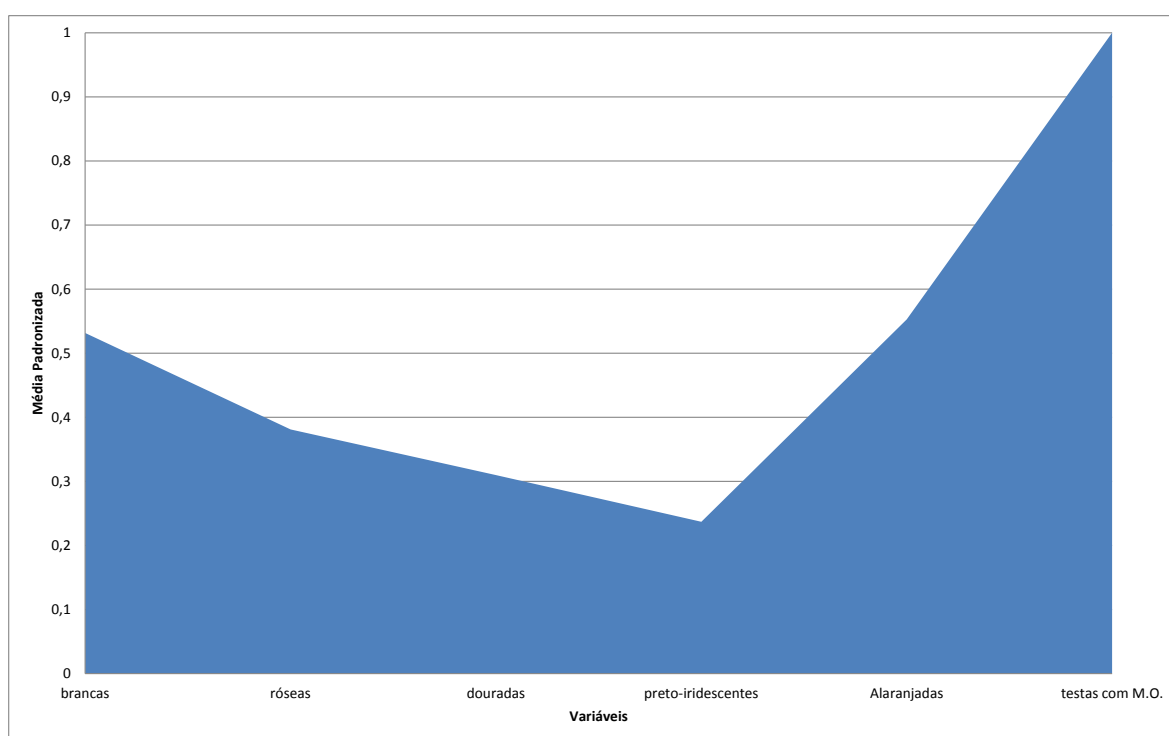


Gráfico C.40: Gráfico de Área das variáveis Número de testas brancas, róseas, douradas, preto-iridescentes, alaranjadas ou testas com M.O. para o Grupo 4.

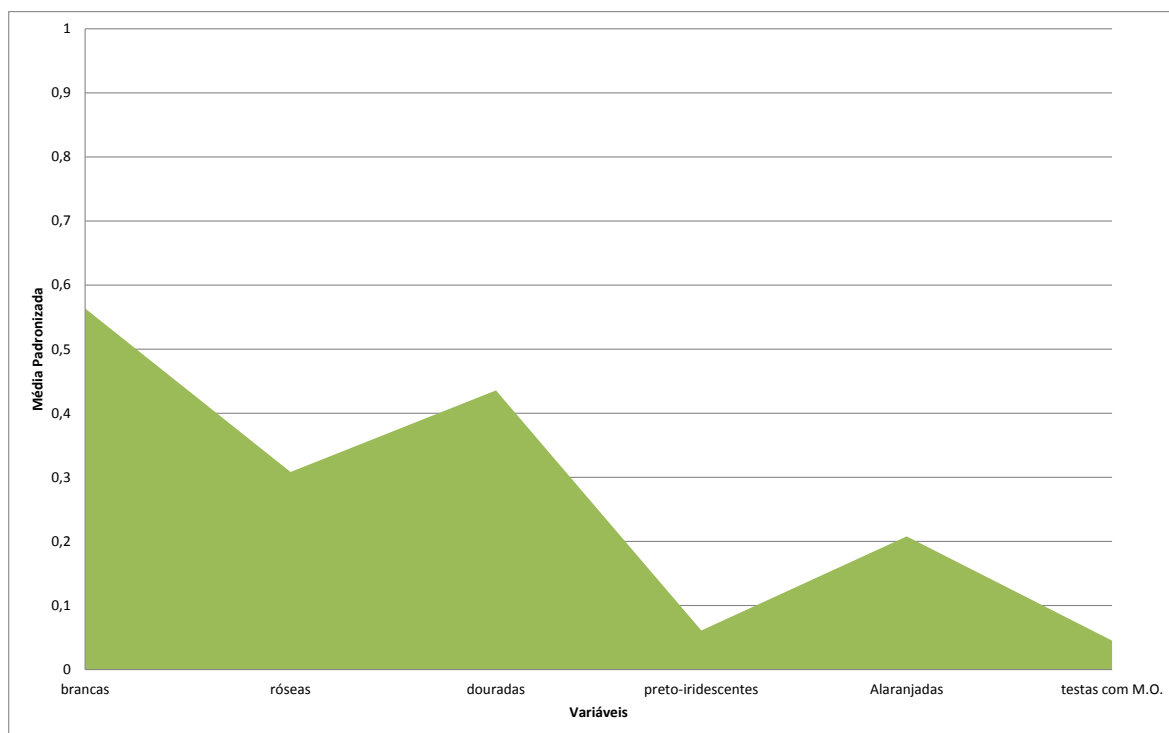


Gráfico C.41: Gráfico de Área das variáveis Número de testas brancas, róseas, douradas, preto-iridescentes, alaranjadas ou testas com M.O. para o Grupo 5.

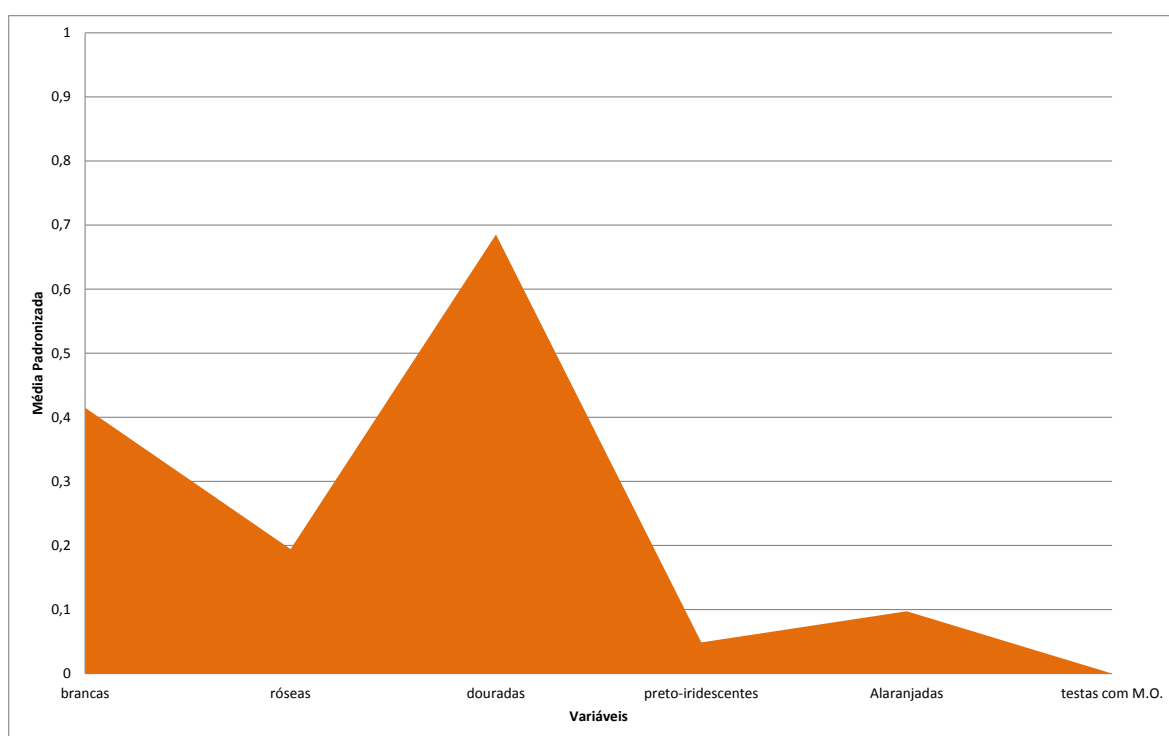


Gráfico C.42: Gráfico de Área das variáveis Número de testas completamente fragmentadas, parcialmente fragmentadas e testas inteiras para o Grupo 1.

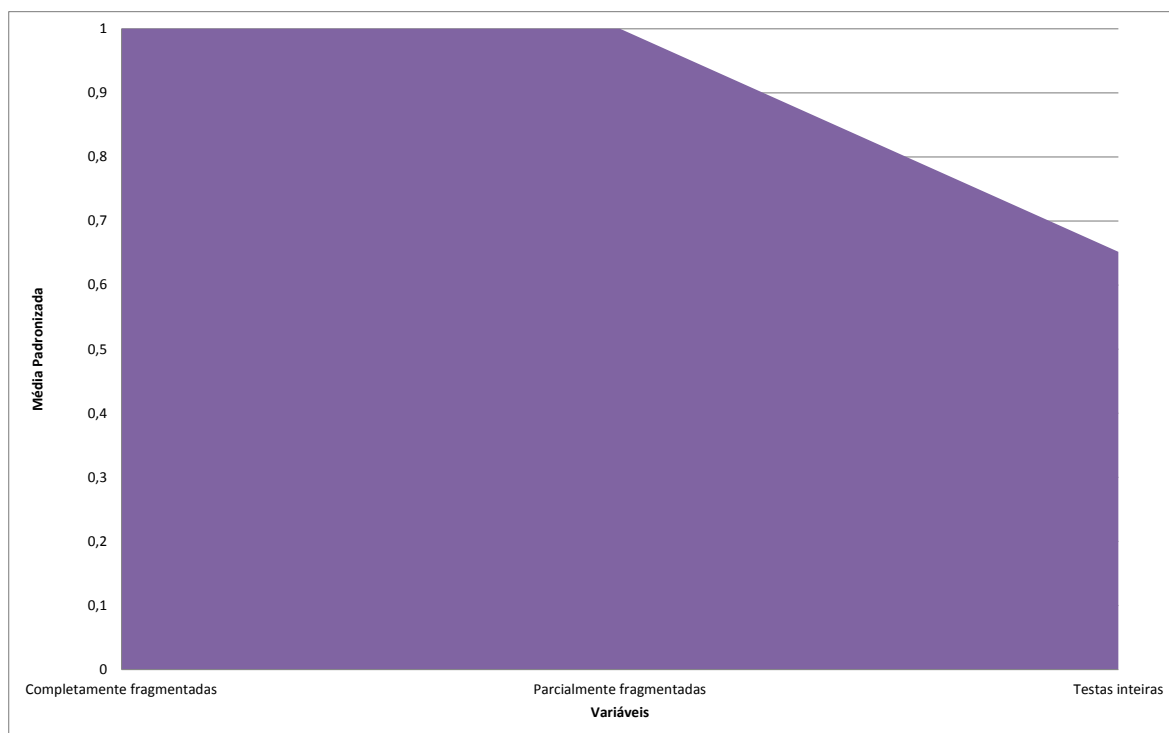


Gráfico C.43: Gráfico de Área das variáveis Número de testas completamente fragmentadas, parcialmente fragmentadas e testas inteiras para o Grupo 2.

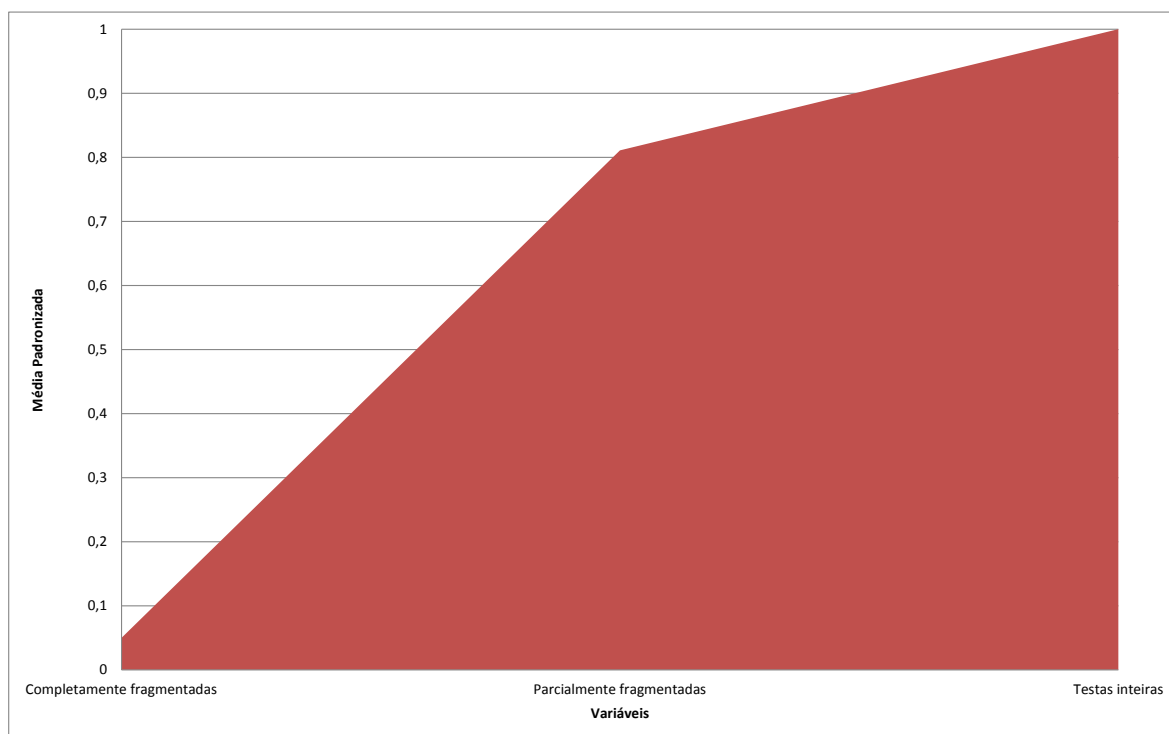


Gráfico C.44: Gráfico de Área das variáveis Número de testas completamente fragmentadas, parcialmente fragmentadas e testas inteiras para o Grupo 3.

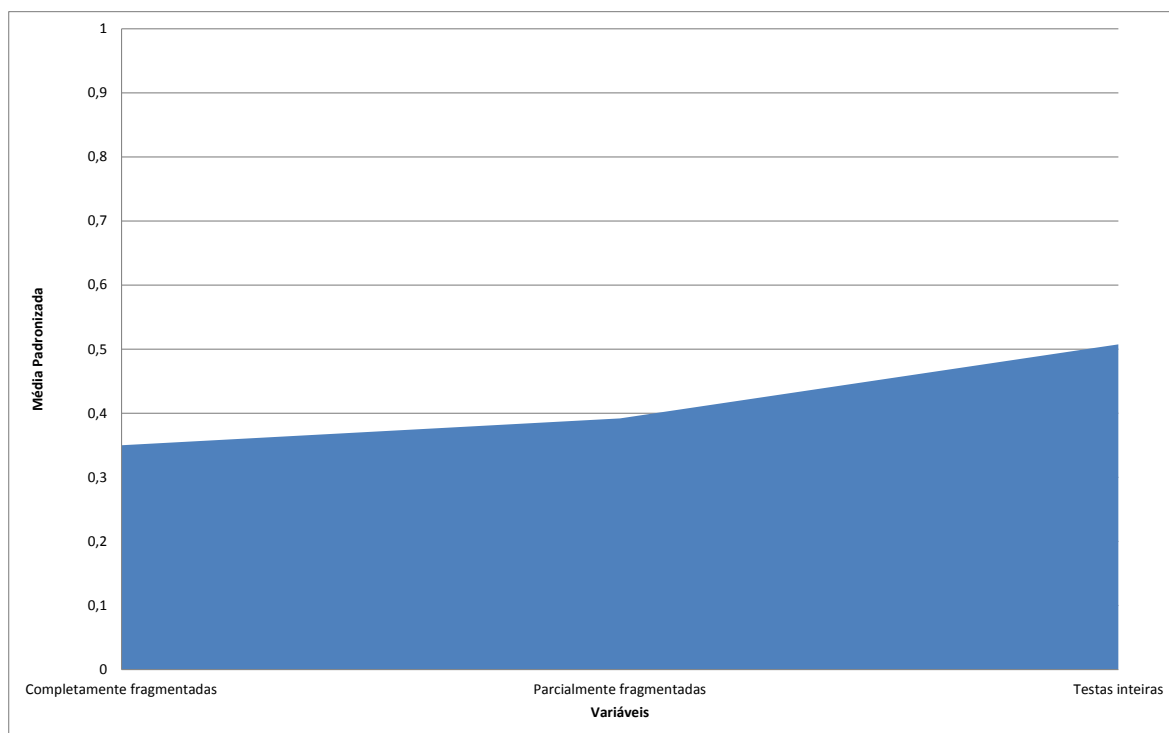


Gráfico C.45: Gráfico de Área das variáveis Número de testas completamente fragmentadas, parcialmente fragmentadas e testas inteiras para o Grupo 4.

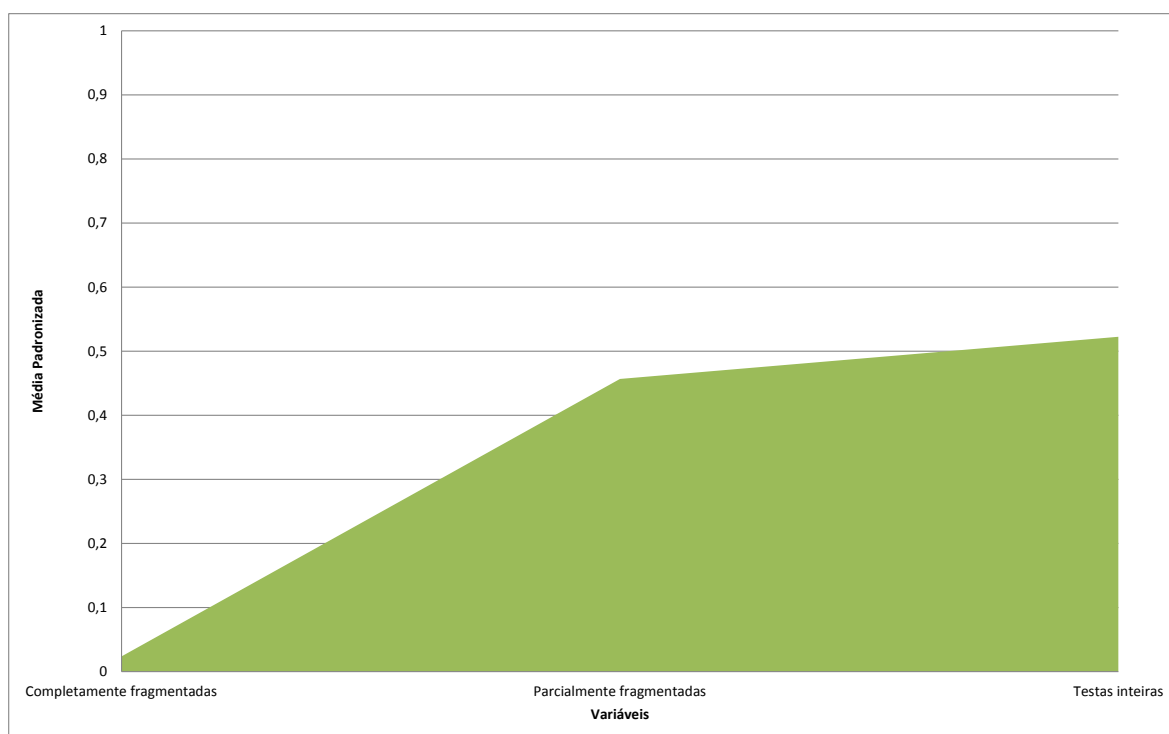


Gráfico C.46: Gráfico de Área das variáveis Número de testas completamente fragmentadas, parcialmente fragmentadas e testas inteiras para o Grupo 5.

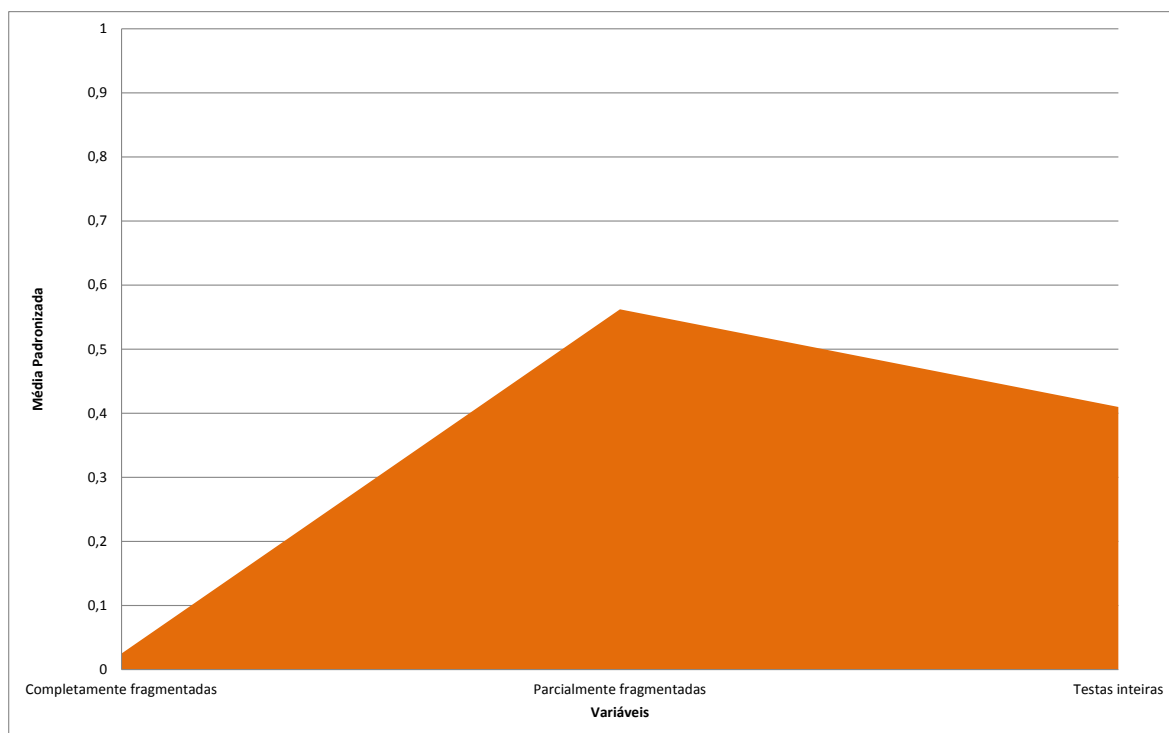


Gráfico C.47: Gráfico de Área das variáveis Cttotal (%), CaCO₃ (%), C/N, Al (contagens por segundo), Si (contagens por segundo), K (contagens por segundo), Fe (contagens por segundo), Ti/Ca e Taxa de Sedimentação para o Grupo 1.

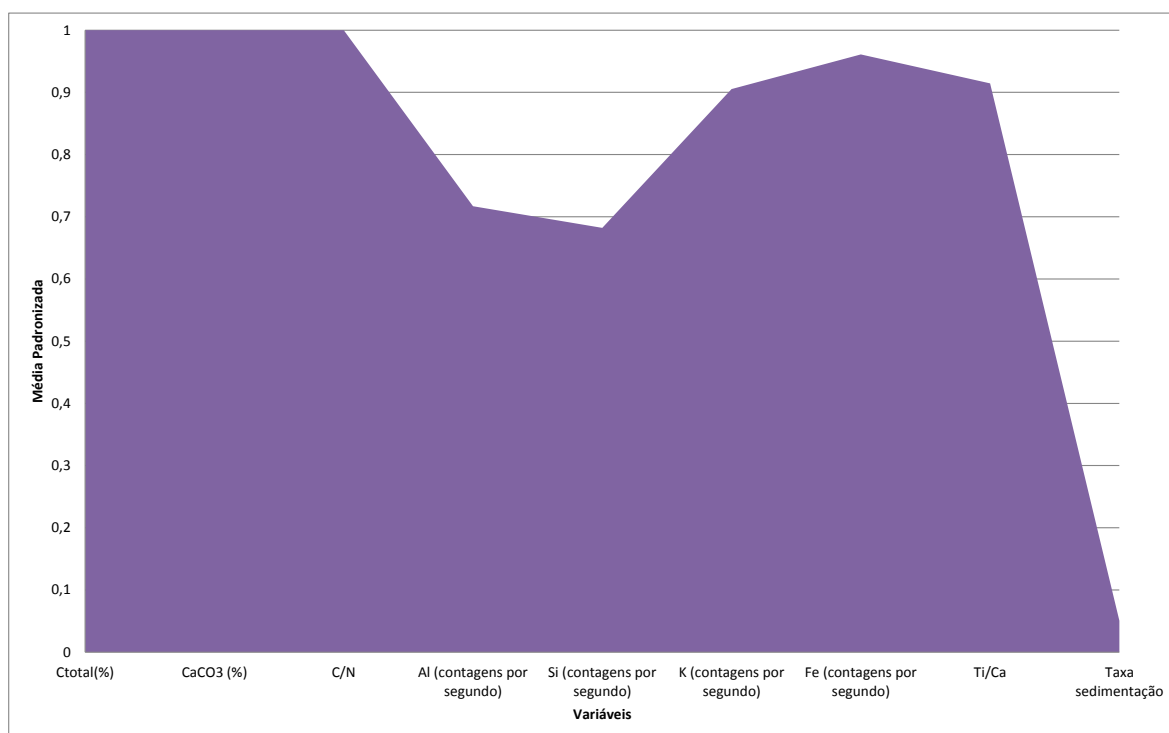


Gráfico C.48: Gráfico de Área das variáveis Cttotal (%), CaCO₃ (%), C/N, Al (contagens por segundo), Si (contagens por segundo), K (contagens por segundo), Fe (contagens por segundo), Ti/Ca e Taxa de Sedimentação para o Grupo 1.

segundo), Fe (contagens por segundo), Ti/Ca e Taxa de Sedimentação para o Grupo 2.

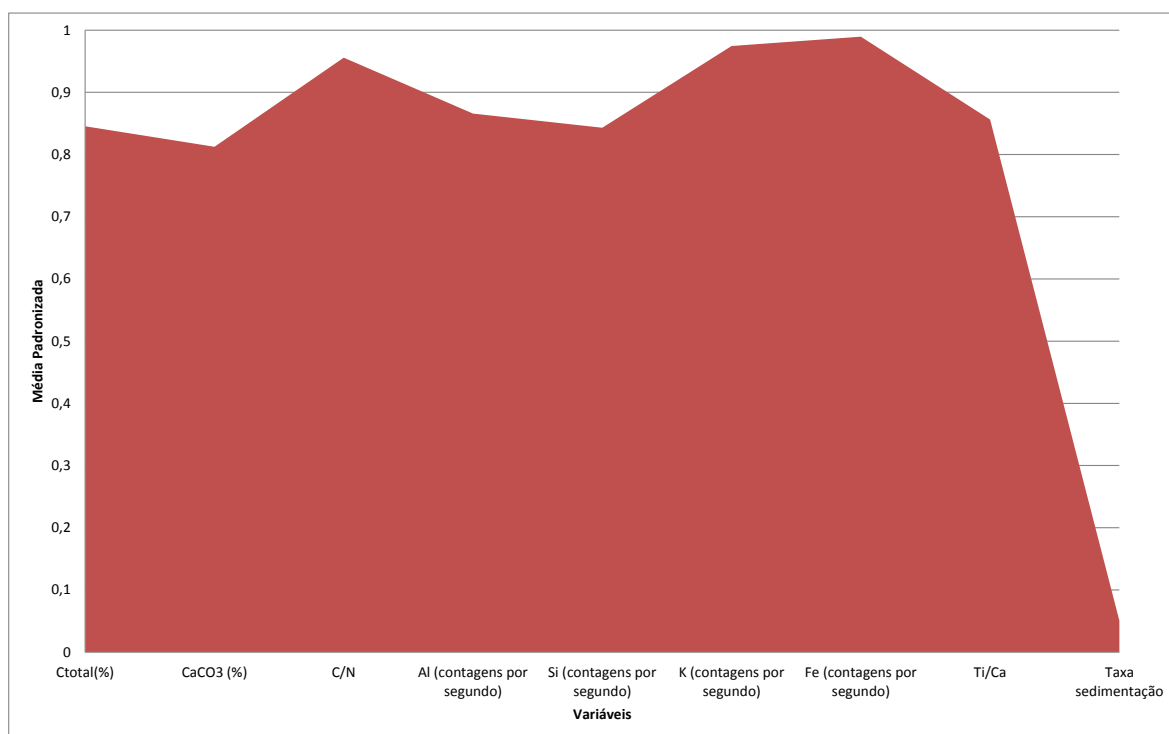


Gráfico C.49: Gráfico de Área das variáveis Ctotal (%), CaCO₃ (%), C/N, Al (contagens por segundo), Si (contagens por segundo), K (contagens por segundo), Fe (contagens por segundo), Ti/Ca e Taxa de Sedimentação para o Grupo 3.

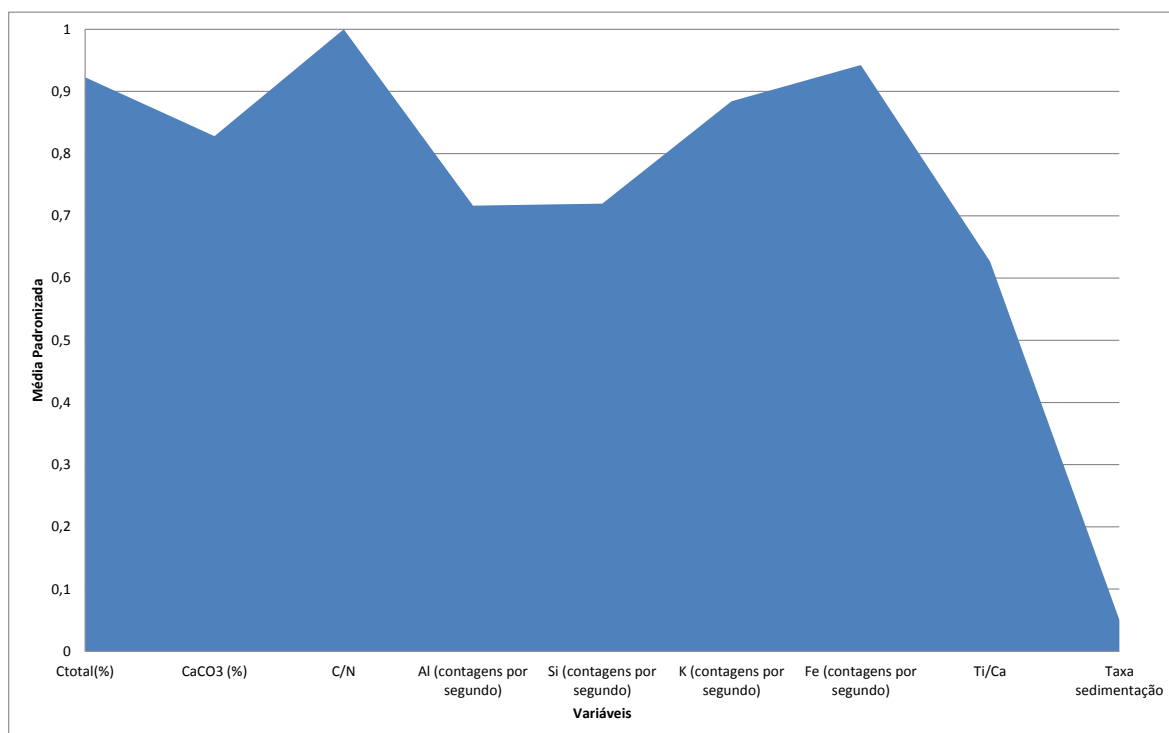


Gráfico C.50: Gráfico de Área das variáveis Ctotal (%), CaCO₃ (%), C/N, Al (contagens por segundo), Si (contagens por segundo), K (contagens por

segundo), Fe (contagens por segundo), Ti/Ca e Taxa de Sedimentação para o Grupo 4.



Gráfico C.51: Gráfico de Área das variáveis Ctotal (%), CaCO₃ (%), C/N, Al (contagens por segundo), Si (contagens por segundo), K (contagens por segundo), Fe (contagens por segundo), Ti/Ca e Taxa de Sedimentação para o Grupo 5.

