

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO

MESTRADO EM ENGENHARIA QUÍMICA  
RAMO OPTIMIZAÇÃO ENERGÉTICA NA INDÚSTRIA QUÍMICA



## Determinação de Germânio em Alimentos por Espectrometria de Massa ligada a um Plasma acoplada Indutivamente (ICP-MS).

Moisés Oliveira da Silva  
Setembro de 2010

Orientador: Pavel Divis, Ph.D., Hendrikus Petrus Antonius Nouws, Ph.D

## **Agradecimentos**

A realização desta tese não seria possível sem o apoio e ajuda de algumas pessoas, gostaria por isso deixar os meus sinceros agradecimentos aos meus coordenadores Pavel Divis, Ph.D., Hendrikus Petrus Antonius Nouws, Ph.D e também um agradecimento pela grande ajuda dada na parte laboratorial a Jaromir Porizka.

Queria também deixar um agradecimento especial para todos os docentes do Departamento de Engenharia Química do Instituto Superior de Engenharia do Porto pelos conhecimentos, ajuda que me deram ao longo de toda a vida académica.

Queria também agradecer à minha Família pois sem esta era impossível ter sucesso na vida académica. E como ninguém vive sem amigos queria deixar também um grande agradecimento a estes pois a vida académica termina mas os amigos são para sempre.

## Resumo

Nos dias de hoje existe uma grande preocupação da população em fazer uma alimentação mais saudável, uma alimentação que tenha nos seus alimentos elementos que não prejudiquem a saúde mas sim que a tornem mais forte. Um desses elementos que pode trazer benefício para a saúde é o Germânio, elemento de estudo no presente trabalho.

Neste trabalho determinou-se a concentração de Germânio em alguns alimentos. Os alimentos usados foram: espargos, ginseng, cogumelos, rabanete, gengibre, aloé vera e alho. Para se fazer a decomposição das amostras foi usada uma solução de ácido nítrico concentrado (67%) e peróxido de hidrogénio (30%), de seguida as soluções resultantes foram analisadas por espectrometria de massa ligado a um plasma acoplado indutivamente (Inductive Coupled Plasma - Mass Spectrometry (ICP-MS)). Esta técnica permitiu estudar os três isótopos mais abundantes de germânio (Ge70, Ge72 e Ge74).

Como principais resultados deste trabalho pode-se referir que o alimento que apresenta uma maior concentração de Germânio é o ginseng (243,0 ng/g), seguindo-se o alho (152,6 ng/g). Com concentrações bastante próximas ficaram os espargos, gengibre e cogumelos com um valor aproximado de 75 ng/g. As concentrações mais baixas foram encontradas no aloé vera e rabanete, com valores de 38,16 e 21,85ng/g respectivamente.

Com estes resultados podemos concluir que para ter uma alimentação rica neste elemento deve-se ingerir ginseng e alho pois dos alimentos estudados são os mais ricos em Germânio.

Palavras-chave: Germânio, Alimentos, ICP-MS, Isótopos

## Abstract

Nowadays there is great public concern in having a healthier diet; diets that contain elements that are not harmful to health but instead make it stronger. One of those elements that can bring benefit to health is elemental Germanium, which is the element of study in the present work.

In the present work the concentration of germanium in some foods was determined. The studied foods were: asparagus, ginseng, mushrooms, radish, ginger, aloe vera and garlic. The decomposition of the samples was achieved with concentrated nitric acid (67%) and hydrogen peroxide (30%). The resulting sample solutions were analyzed by Inductive Coupled Plasma - Mass Spectrometry (ICP-MS). This technique allowed the study of the most abundant isotopes of germanium (Ge70, Ge72, and Ge74).

Based on the obtained results it can be concluded that among the studied foods ginseng contains the highest concentration of germanium (243.0 ng/g), followed by garlic (152.6 ng/g). Lower concentrations were obtained for asparagus, ginger and mushrooms (approximately 75 ng/g). The lowest concentrations were found in aloe vera and radish: 38.16 and 21.85 ng/g, respectively.

Thus it can be concluded that to have a germanium-rich diet ginseng and garlic should be ingested because these foods contain high concentrations of this element.

Keywords: Germanium, Food, ICP-MS, Isotopes

# Índice Geral

Agradecimentos .....	ii
Resumo .....	iii
Abstract .....	iv
Índice Geral .....	v
Índice de Figuras .....	vii
Índice de Tabelas .....	xii
1 - Introdução.....	1
1.1 - Alimentos .....	1
1.2 - Germânio .....	1
1.3 - Germânio nos Alimentos .....	2
1.4 - Métodos de Análise.....	3
1.5 - ICP-MS .....	3
2 - Materiais e Procedimento Experimental.....	6
2.1 - Material .....	6
2.2 - Reagentes.....	6
2.3 - Equipamentos .....	6
2.4 - Procedimento Experimental .....	6
2.5 - Calibração do ICP-MS.....	8
3 - Resultados e Discussão .....	9
3.1 - Exemplo de Calculo .....	9
3.2 - Análise de germânio no alho .....	10
3.3 - Análise de germânio no rabanete.....	14
3.4 - Análise de germânio nos espargos .....	18
3.5 - Análise de germânio no gengibre .....	22
3.6 - Análise de germânio no ginseng .....	26
3.7 - Análise de germânio nos cogumelos .....	30
3.8 - Análise de germânio no aloé vera .....	34
3.9 - Comparação dos resultados para os diferentes alimentos .....	38

3.9.1 - Isótopos.....	38
3.9.2 - Concentração total.....	41
4 - Conclusão.....	43
Bibliografia.....	44
Anexos.....	45
Anexo A – Curvas de Calibração.....	45
Anexo B – Alimentos e as respectivas massas usadas em cada ensaio. ....	61

## Índice de Figuras

Figura 1- Comparação de diferentes métodos analíticos. ....	3
Figura 2 – Fotografia do ICP-MS usado no presente trabalho.....	4
Figura 3 – Instalação para a preparação da Amostra.....	8
Figura 4 - Curva de calibração para ensaio com espargos para o Germânio 70. ....	9
Figura 5 - Concentração de Germânio 70 na solução amostra do alho nos diferentes ensaios. ....	10
Figura 6 - Concentração de Germânio 70 no alho para os diferentes ensaios com respectivo desvio padrão. ....	10
Figura 7 - Concentração de Germânio 72 na solução amostra do alho nos diferentes ensaios. ....	11
Figura 8 - Concentração de Germânio 72 no alho para os diferentes ensaios com respectivo desvio padrão. ....	11
Figura 9 - Concentração de Germânio 74 na solução amostra do alho nos diferentes ensaios. ....	12
Figura 10 - Concentração de Germânio 74 no alho para os diferentes ensaios com respectivo desvio padrão. ....	12
Figura 11 - Comparação das concentrações dos Isótopos nos diferentes ensaios no alho.....	13
Figura 12 - Percentagem de cada Isótopo de na concentração Total de Germânio no Alho .....	13
Figura 13 - Concentração de Germânio 70 na solução amostra do rabanete nos diferentes ensaios.....	14
Figura 14 - Concentração de Germânio 70 no rabanete para os diferentes ensaios com respectivo desvio padrão. ....	14
Figura 15 - Concentração de Germânio 72 na solução amostra do rabanete nos diferentes ensaios.....	15
Figura 16 - Concentração de Germânio 72 no rabanete para os diferentes ensaios com respectivo desvio padrão. ....	15
Figura 17 - Concentração de Germânio 74 na solução amostra do rabanete nos diferentes ensaios.....	16
Figura 18 - Concentração de Germânio 74 no rabanete para os diferentes ensaios com respectivo desvio padrão. ....	16
Figura 19 - Comparação das concentrações dos Isótopos nos diferentes ensaios no Rabanete.....	17

Figura 20 - Percentagem de cada Isótopo na concentração total de Germânio no Rabanete.....	17
Figura 21 - Concentração de Germânio 70 na solução amostra de espargos nos diferentes ensaios.....	18
Figura 22 - Concentração de Germânio 70 nos espargos para os diferentes ensaios com respectivo desvio padrão. ....	18
Figura 23 - Concentração de Germânio 72 na solução amostra de espargos nos diferentes ensaios.....	19
Figura 24 - Concentração de Germânio 72 nos espargos para os diferentes ensaios com respectivo desvio padrão. ....	19
Figura 25 - Concentração de Germânio 74 na solução amostra de espargos nos diferentes ensaios.....	20
Figura 26 - Concentração de Germânio 74 nos espargos para os diferentes ensaios com respectivo desvio padrão. ....	20
Figura 27 - Comparação das concentrações dos Isótopos nos diferentes ensaios nos Espargos. ....	21
Figura 28 - Percentagem de cada Isótopo na concentração total de Germânio nos Espargos. ....	21
Figura 29 - Concentração de Germânio 70 na solução amostra do gengibre nos diferentes ensaios.....	22
Figura 30 - Concentração de Germânio 70 no gengibre para os diferentes ensaios com respectivo desvio padrão. ....	22
Figura 31 - Concentração de Germânio 72 na solução amostra do gengibre nos diferentes ensaios.....	23
Figura 32 - Concentração de Germânio 72 no gengibre para os diferentes ensaios com respectivo desvio padrão. ....	23
Figura 33 - Concentração de Germânio 74 na solução amostra do gengibre nos diferentes ensaios.....	24
Figura 34 - Concentração de Germânio 74 no gengibre para os diferentes ensaios com respectivo desvio padrão. ....	24
Figura 35 - Comparação das concentrações dos Isótopos nos diferentes Ensaios no Gengibre.....	25
Figura 36 - Percentagem de cada Isótopo na concentração total de Germânio no Gengibre.....	25
Figura 37 - Concentração de Germânio 70 na solução amostra do ginseng nos diferentes ensaios.....	26

Figura 38 - Concentração de Germânio 70 no ginseng para os diferentes ensaios com respectivo desvio padrão. ....	26
Figura 39 - Concentração de Germânio 72 na solução amostra do ginseng nos diferentes ensaios.....	27
Figura 40 - Concentração de Germânio 72 no ginseng para os diferentes ensaios com respectivo desvio padrão. ....	27
Figura 41 - Concentração de Germânio 74 na solução amostra do ginseng nos diferentes ensaios.....	28
Figura 42 - Concentração de Germânio 74 no ginseng para os diferentes ensaios com respectivo desvio padrão. ....	28
Figura 43 - Comparação das concentrações dos Isótopos nos diferentes ensaios no Ginseng. ....	29
Figura 44 - Percentagem de cada Isótopo na concentração total de Germânio no Ginseng. ....	29
Figura 45 - Concentração de Germânio 70 na solução amostra de cogumelos nos diferentes ensaios.....	30
Figura 46 - Concentração de Germânio 70 nos cogumelos para os diferentes ensaios com respectivo desvio padrão. ....	30
Figura 47 - Concentração de Germânio 72 na solução amostra dos cogumelos nos diferentes ensaios.....	31
Figura 48 - Concentração de Germânio 72 nos cogumelos para os diferentes ensaios com respectivo desvio padrão. ....	31
Figura 49 - Concentração de Germânio 74 na solução amostra de cogumelos nos diferentes ensaios.....	32
Figura 50 - Concentração de Germânio 74 nos cogumelos para os diferentes ensaios com respectivo desvio padrão. ....	32
Figura 51 - Comparação das concentrações dos Isótopos nos diferentes ensaios nos Cogumelos. ....	33
Figura 52 - Percentagem de cada Isótopo na concentração total de Germânio nos Cogumelos. ....	33
Figura 53 - Concentração de Germânio 70 na solução amostra do aloé vera nos diferentes ensaios.....	34
Figura 54 - Concentração de Germânio 70 no aloé vera para os diferentes ensaios com respectivo desvio padrão. ....	34
Figura 55 - Concentração de Germânio 72 na solução amostra do aloé vera nos diferentes ensaios.....	35

Figura 56 - Concentração de Germânio 72 no aloé vera para os diferentes ensaios com respectivo desvio padrão. ....	35
Figura 57 - Concentração de Germânio 74 na solução amostra do aloé vera nos diferentes ensaios.....	36
Figura 58 - Concentração de Germânio 74 no aloé vera para os diferentes ensaios com respectivo desvio padrão. ....	36
Figura 59 - Comparação das concentrações dos Isótopos nos diferentes ensaios no Aloé Vera.....	37
Figura 60 - Percentagem de cada Isótopo na concentração total de Germânio no Aloé Vera.....	37
Figura 61 - Comparação dos valores de concentração obtidos para o Germânio 70 nos diferentes alimentos.....	38
Figura 62 - Comparação de Valores de concentração obtidos para o Germânio 72 nos diferentes alimentos.....	39
Figura 63 - Comparação de Valores de concentração obtidos para o Germânio 74 nos diferentes alimentos.....	40
Figura 64 - Concentração total de Germânio nos diferentes Alimentos.....	41
Figura 65 - Curva de calibração para os três primeiros ensaios com alho para o Germânio 70.....	45
Figura 66 – Curva de calibração para os restantes ensaios com alho para o Germânio 70. ....	46
Figura 67 – Curva de calibração para os três primeiros ensaios com alho para o Germânio 72.....	46
Figura 68 – Curva de calibração para os restantes ensaios com alho para o Germânio 72 .....	47
Figura 69 – Curva de calibração para os três primeiros ensaios com alho para o Germânio 74.....	48
Figura 70 - Curva de calibração para os restantes ensaios com alho para o Germânio 74 .....	48
Figura 71 – Curva de calibração para os ensaios com aloé vera para o Germânio 70. ....	49
Figura 72 – Curva de calibração para os ensaios com aloé vera para o Germânio 72. ....	50
Figura 73 – Curva de calibração para os ensaios com aloé vera para o Germânio 74. ....	50
Figura 74 – Curva de calibração para os ensaios com cogumelos para o Germânio 70. ....	51

Figura 75 – Curva de calibração para os ensaios com cogumelos para o Germânio 72	52
Figura 76 – Curva de calibração para os ensaios com cogumelos para o Germânio 74.	52
Figura 77 – Curva de calibração para os ensaios com espargos para o Germânio 70.	53
Figura 78 – Curva de calibração para os ensaios com espargos para o Germânio 72.	54
Figura 79 – Curva de calibração para os ensaios com espargos para o Germânio 74.	54
Figura 80 – Curva de calibração para os ensaios com gengibre para o Germânio 70.	55
Figura 81 – Curva de calibração para os ensaios com gengibre para o Germânio 72.	56
Figura 82 – Curva de calibração para os ensaios com gengibre para o Germânio 74.	56
Figura 83 – Curva de calibração para os ensaios com ginseng para o Germânio 70.	57
Figura 84 – Curva de calibração para os ensaios com ginseng para o Germânio 72.	58
Figura 85 – Curva de calibração para os ensaios com ginseng para o Germânio 74.	58
Figura 86 – Curva de calibração para os ensaios com rabanete para o Germânio 70.	59
Figura 87 – Curva de calibração para os ensaios com rabanete para o Germânio 72.	60
Figura 88 – Curva de calibração para os ensaios com rabanete para o Germânio 74.	60

## Índice de Tabelas

Tabela 1 – Origem dos Alimentos analisados no presente trabalho.....	7
Tabela 2 – Parâmetros de funcionamento ICP-MS.....	8
Tabela 3 – Valores de concentração com o respectivos desvio padrão e erro para o Germânio 70 em cada alimento.....	38
Tabela 4 - Valores de concentração com o respectivos desvio padrão e erro para o Germânio 72 em cada alimento.....	39
Tabela 5 - Valores de concentração com o respectivos desvio padrão e erro para o Germânio 74 em cada Alimento.....	40
Tabela 6 – Valores obtidos para a concentração de Germânio nos diferentes alimentos.....	41
Tabela 7 - Comparação dos resultados obtidos com literatura encontrada.....	42
Tabela 8 – Valores obtidos no ICP-MS para a curva de calibração para os três primeiros ensaios do alho para o Germânio 70.....	45
Tabela 9 - Valores obtidos no ICP-MS para a curva de calibração para os restantes ensaios do alho para o Germânio 70.....	45
Tabela 10 - Valores obtidos no ICP-MS para a curva de calibração para os três primeiros ensaios do alho para o Germânio 72.....	46
Tabela 11 - Valores obtidos no ICP-MS para a curva de calibração para os restantes ensaios do alho para o Germânio 72.....	47
Tabela 12 - Valores obtidos no ICP-MS para a curva de calibração para os três primeiros ensaios do alho para o Germânio 74.....	47
Tabela 13 - Valores obtidos no ICP-MS para a curva de calibração para os restantes ensaios do alho para o Germânio 74.....	48
Tabela 14 - Valores obtidos no ICP-MS para a curva de calibração para os ensaios do aloé vera para o Germânio 70.....	49
Tabela 15 - Valores obtidos no ICP-MS para a curva de calibração para os ensaios do aloé vera para o Germânio 72.....	49
Tabela 16 - Valores obtidos no ICP-MS para a curva de calibração para os ensaios do aloé vera para o Germânio 74.....	50
Tabela 17 - Valores obtidos no ICP-MS para a curva de calibração para os ensaios com cogumelos para o Germânio 70.....	51
Tabela 18 - Valores obtidos no ICP-MS para a curva de calibração para os ensaios com cogumelos para o Germânio 72.....	51
Tabela 19 - Valores obtidos no ICP-MS para a curva de calibração para os ensaios com cogumelos para o Germânio 74.....	52

Tabela 20 - Valores obtidos no ICP-MS para a curva de calibração para os ensaios com espargos para o Germânio 70.....	53
Tabela 21 - Valores obtidos no ICP-MS para a curva de calibração para os ensaios com espargos para o Germânio 72.....	53
Tabela 22 - Valores obtidos no ICP-MS para a curva de calibração para os ensaios com espargos para o Germânio 74.....	54
Tabela 23 - Valores obtidos no ICP-MS para a curva de calibração para os ensaios com gengibre para o Germânio 70.....	55
Tabela 24 - Valores obtidos no ICP-MS para a curva de calibração para os ensaios com gengibre para o Germânio 72.....	55
Tabela 25 - Valores obtidos no ICP-MS para a curva de calibração para os ensaios com gengibre para o Germânio 74.....	56
Tabela 26 - Valores obtidos no ICP-MS para a curva de calibração para os ensaios com ginseng para o Germânio 70.....	57
Tabela 27 - Valores obtidos no ICP-MS para a curva de calibração para os ensaios com ginseng para o Germânio 72.....	57
Tabela 28 - Valores obtidos no ICP-MS para a curva de calibração para os ensaios com ginseng para o Germânio 74.....	58
Tabela 29 - Valores obtidos no ICP-MS para a curva de calibração para os ensaios com rabanete para o Germânio 70.....	59
Tabela 30 - Valores obtidos no ICP-MS para a curva de calibração para os ensaios com rabanete para o Germânio 72.....	59
Tabela 31 - Valores obtidos no ICP-MS para a curva de calibração para os ensaios com rabanete para o Germânio 74.....	60
Tabela 32 – Massas usadas nos ensaios com alho.....	61
Tabela 33 - Massas usadas nos ensaios com aloé vera.....	61
Tabela 34 - Massas usadas nos ensaios com cogumelos.....	61
Tabela 35 - Massas usadas nos ensaios com espargos.....	62
Tabela 36 - Massas usadas nos ensaios com gengibre.....	62
Tabela 37 - Massas usadas nos ensaios com ginseng.....	63
Tabela 38 - Massas usadas nos ensaios com rabanete.....	63

# 1 - Introdução

## 1.1 - Alimentos

Os alimentos são a principal fonte de energia para os seres humanos, e uma boa alimentação o principal para termos uma vida saudável. Muitas vezes é usada a frase "nós somos o que comemos", revelando que a alimentação merece, da nossa parte, uma atenção redobrada.

A alimentação tem um papel fulcral na nossa vida, para além de ser uma necessidade básica, a alimentação é um dos factores do ambiente que mais afectam a saúde. Hoje em dia já não basta ter acesso aos alimentos, é necessário "saber comer" - saber escolher os alimentos de forma e em quantidades adequadas às necessidades diárias, ao longo de diferentes fases da vida.

Os alimentos estão cheios de elementos químicos, uns mais benéficos do que outros para a saúde humana. Um desses elementos encontrados em uma grande variedade de alimentos é o Germânio, considerado por muito o elemento mais benéfico para a saúde humana.

## 1.2 - Germânio

O germânio é um semi-metal do grupo 14 da tabela periódica e de símbolo químico Ge, este à temperatura ambiente encontra-se no estado sólido, sendo cristalino e de coloração branco acinzentada. O germânio foi descoberto em 1871 pelo alemão Mendeleev, mas só em 1886 é que foi confirmada a sua existência por parte de Clemens Winckler. Devido ao alto custo de produção a sua utilização está bastante limitada O germânio pode ser obtido em quantidades rentáveis para extracção, principalmente a partir da Germanita ou Germanite (69% de Ge), e é utilizado principalmente como semiconductor em electrónica e na produção de fibras ópticas e equipamentos de visão nocturna.

O germânio para além de ser um semi-metal é também um oligoelemento, ou seja pertence ao grupo dos elementos que têm que estar presentes no organismo em pequenas quantidades pois são vitais para o mesmo [10]. A sua ausência ou uma concentração acima de seu nível característico pode ser extremamente prejudicial para o organismo. A presença do germânio no organismo em quantidades não

prejudiciais é benéfica dado que, é um antioxidante, estimula o sistema imunológico, ajuda o organismo a livrar-se de toxinas e venenos, melhora a oxigenação celular, reduz os níveis elevados de colesterol e segundo pesquisas recentes tem também um papel bastante importante no tratamento contra o cancro, entre outros benefícios.

### 1.3 - Germânio nos Alimentos

Como foi referido anteriormente o germânio pode ser encontrado em muitos alimentos e em algumas ervas, entre eles:

- Pão
- Lacticínios
- Alho
- Carnes
- Cogumelos
- Cebolas
- Sementes
- Hortaliças
- Aloé Vera
- Ginseng
- Rabanete
- Gengibre
- Espargos
- Etc.

No presente trabalho não foi possível analisar todos estes alimentos e por isso, procedeu-se à análise de alguns, entre eles o alho e o ginseng estes já analisados anteriormente em outras experiências, e outros como os cogumelos, rabanete, gengibre, aloé vera e espargos, não existindo uma informação muito vasta acerca destes. Estes alimentos foram escolhidos para análise por um lado para comparar com alguma informação existente e no caso de outros para aumentar essa mesma informação.

## 1.4 - Métodos de Análise

Para quantificar o germânio em alimentos podem ser utilizados vários métodos de análise, pois existe uma grande quantidade de métodos capazes de detectar metais. Um desses tipos de métodos são os espectrofotométricos, entre eles, e tendo em conta a gama de concentrações existente nos alimentos, pode-se usar a espectrometria de absorção atômica com atomização em chama (FAAS), a espectrometria de absorção atômica com atomização electrotérmica (forno de grafite) com geração de hidretos (GFAAS) e também a espectrometria de massa acoplada a um plasma acoplado indutivamente (ICP-MS).

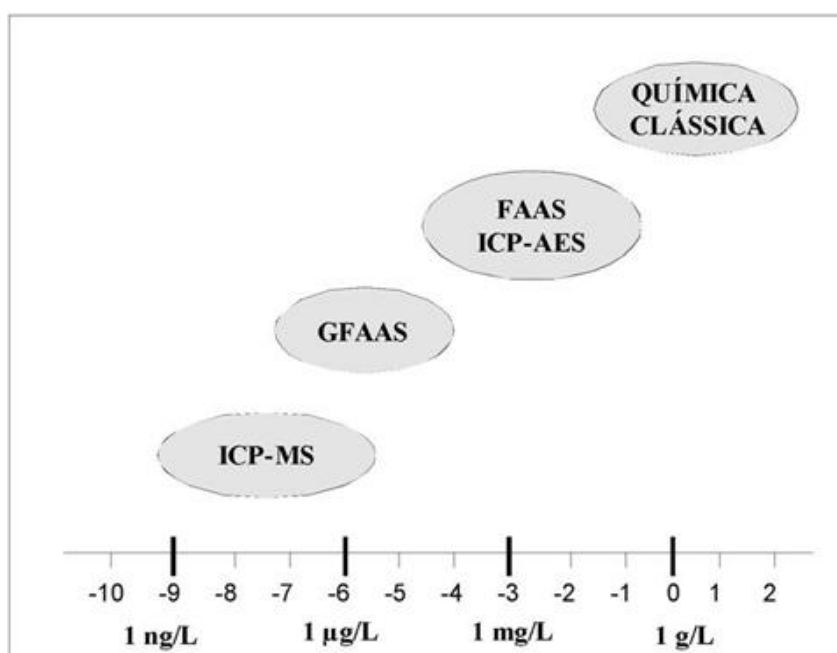


Figura 1- Comparação de diferentes métodos analíticos.

## 1.5 - ICP-MS

Como a quantidade de germânio existente nos alimentos é bastante baixa (na ordem de ng/g) o melhor método de análise é o ICP-MS, tendo sido este o escolhido no presente trabalho. O ICP-MS (Figura 2) é uma técnica analítica com excelentes limites de detecção e uma vasta gama de concentrações quando comparado com outras técnicas de análise. O equipamento utilizado oferece elevada produtividade e torna-se bastante vantajoso em análises com elevado número de amostras e/ou elementos [1].



Figura 2 – Fotografia do ICP-MS usado no presente trabalho.

Nestes equipamentos, o plasma é uma pequena nuvem quente de gás (árgon), entre 6000K e 10000K. A amostra chega ao plasma como um aerossol. Contudo as amostras são líquidas e, por isso, para serem convertidas num aerossol usa-se um nebulizador. No plasma, o solvente da amostra é totalmente evaporado e os compostos presentes são decompostos nos seus átomos constituintes (dissociação, atomização). Os átomos de analito são, na maioria dos casos, praticamente todos ionizados. No espectrómetro de massa, os iões são separados, e os elementos identificados de acordo com a sua razão massa/carga ( $m/z$ ) e a concentração do elemento é proporcional ao número de iões. Um espectrómetro de massa (MS) com um sistema de plasma acoplado indutivamente (ICP) permite uma análise multi-elementar e isotópica [1].

A introdução no plasma de soluções a serem analisadas é feita com uma bomba peristáltica e o auxílio de um nebulizador e de uma câmara de nebulização. A bomba peristáltica permite que a amostra seja aspirada até ao nebulizador e a solução é nessa altura, convertida num aerossol, recorrendo a um fluxo de árgon. Grande parte do aerossol é removida na câmara de nebulização, por colisão com as paredes ou outras partes desta, e é drenado como líquido para o esgoto. O que resta do aerossol é transferido para o plasma pelo tubo injetor da torcha, com auxílio do gás do nebulizador. Segue-se a interface entre o ICP e o MS onde os iões entram no sistema

de vácuo e seguem para o espectrómetro de massa. Depois os iões “viajam” no sistema de lentes onde são direccionados ou focados para entrar no analisador (quadrupolo). No analisador os iões são separados de acordo com a sua razão massa/carga ( $m/z$ ) e posteriormente são contabilizados no detector multiplicador de electrões. A bomba peristáltica tem velocidades variáveis e é necessária para conduzir as soluções até ao nebulizador e remover, da câmara de nebulização, a fase líquida que não é analisada. A utilização da bomba peristáltica deve ser feita de forma adequada, tirando partido das potencialidades da peça como rotação e velocidade, para controlar o consumo de amostra. O gás utilizado é o árgon e este deve ter pureza superior a 99,995%.

A torcha consiste em três tubos concêntricos que podem ser estruturados como uma peça única ou em unidades independentes. O material de construção é geralmente o quartzo. A sua extremidade tem entre 4 e 5 mm. A torcha é geralmente colocada num compartimento de metal separado. Este compartimento deve estar ligado a um sistema de exaustão (extracção) por causa da produção de calor e de gases perigosos (incluindo ozono). O metal do compartimento protege os utilizadores e o instrumento (electrónica) contra a radiação de altas-frequências que é gerada a partir da espiral e contra a radiação ultravioleta do plasma. Existe ainda uma janela coberta de vidro negro para proteger os olhos dos observadores da emissão de radiação intensa do plasma, mas permitindo a visualização do plasma [1].

Neste método podem ser considerados dois tipos de interferências: espectrais e não espectrais. Relativamente às espectrais podem ocorrer interferências isobáricas. As interferências isobáricas são causadas por isótopos de diferentes elementos com a mesma massa nominal, mas que não podem ser separados devido à insuficiente resolução do espectrómetro de massa. Com o intuito de detectar essas interferências é recomendado que sejam determinados diferentes isótopos para o mesmo elemento, no presente trabalho foram usados os isótopos  $^{70}\text{Ge}$ ,  $^{72}\text{Ge}$  e  $^{74}\text{Ge}$  sendo estes os isótopos mais comuns e mais estáveis. Quanto às interferências não espectrais, também designadas como efeitos de matriz, podem ter a sua origem em diferentes processos ou localizações: processo de nebulização; plasma; interface e lentes. Estas interferências também incluem o bloqueamento do nebulizador, do tubo injector da torcha e do cone de amostra, causado pela concentração elevada de matéria dissolvida ou a nebulização de compostos orgânicos.

## 2 - Materiais e Procedimento Experimental

### 2.1 - Material

Além do material de vidro de uso corrente no laboratório, foram ainda usados:

- Papel de Filtro
- Coluna de Destilação
- Balão de fundo Redondo

### 2.2 - Reagentes

Os reagentes utilizados foram:

- H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30% ANALYTIKA, LDA
- HNO<sub>3</sub> 67% ANALYTIKA, LDA
- Ge 1g/L +/- 0,002 ANALYTIKA, LDA

### 2.3 - Equipamentos

Neste trabalho os equipamentos utilizados foram:

- Balança Analítica (AND-HA-202M)
- Placa de Aquecimento (BRNENSKA DRUTEVA v.d CT HS 100)
- ICP-MS (THERMO ELECTRONIC CORPORATION X SERIES ICP-MS)

### 2.4 - Procedimento Experimental

Na tabela 1 seguinte indicam-se os alimentos analisados no presente trabalho bem como a sua origem.

Tabela 1 – Origem dos Alimentos analisados no presente trabalho.

<b>Alimento</b>	<b>Origem</b>
Alho	Espanha
Rabanete	Republica Checa
Espargos	Republica Checa
Gengibre	Republica Checa
Ginseng	Republica Checa
Cogumelos	Republica Checa
Aloé Vera	Republica Checa

Na preparação da amostra procedeu-se inicialmente à trituração dos alimentos para facilitar a sua posterior decomposição. Pesou-se uma massa do alimento triturado para cada ensaio que, tendo em conta o tipo de alimento, variou entre 0,5g e 1,5g que foi colocada num balão de fundo redondo. De seguida procedeu-se à sua decomposição com 10mL de ácido nítrico concentrado (67%) e 4mL de peróxido de hidrogénio (30%), para ajudar a decomposição esta foi feita a quente. Para evitar que algum Germânio evaporasse com o aquecimento foi acoplada ao balão de fundo redondo uma coluna de destilação. Após a decomposição, filtrou-se a suspensão resultante e o filtrado foi recolhido num balão volumétrico de 25,00mL (solução amostra) e perpez-se o volume com água desionizada. Para cada tipo de amostra este procedimento foi repetido pelo menos nove vezes.



Figura 3 – Instalação para a preparação da Amostra.

## 2.5 - Calibração do ICP-MS

O equipamento foi calibrado com soluções padrão de Germânio com concentrações de 1 a 25 ppb.

Na tabela 2 são apresentados os parâmetros de funcionamento do ICP-MS

Tabela 2 – Parâmetros de funcionamento ICP-MS.

ICP mass spectrometry	Thermo X-series Quad - collision cell
Forward power	1,3kW
Reflected power	less than 5W
Cool gas	13l/min
Auxiliary gas	0,7l/min
Nebuliser gas	0,9l/min
Scott-type cooled double-pass spray chamber - 5°C	
Expansion state	2,1mbar
Intermediate state	$1 \times 10^{-4}$ mbar
Analyser stage	$1,6 \times 10^{-7}$ mbar
Sampling Depth	150
Peri-pump	50rev/min

### 3 - Resultados e Discussão

Antes da análise de cada uma das soluções amostra, foram preparados padrões para proceder à calibração do ICP-MS. Obtiveram-se curvas de calibração para cada ensaio. Na figura 4 apresenta-se uma das curvas de calibração obtidas num dos ensaios com os Espargos para o Germânio 70, as curvas restantes estão em anexo (Anexo A).

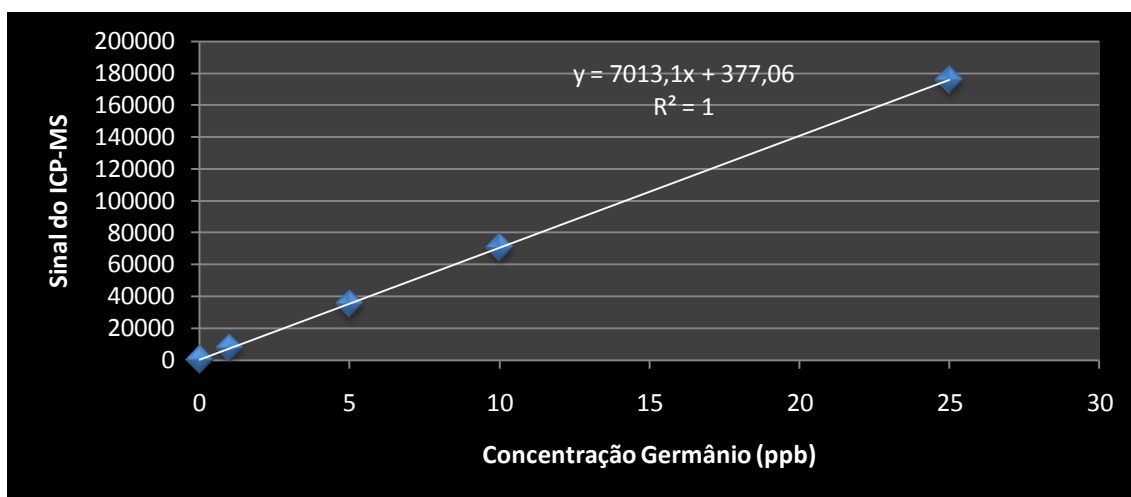


Figura 4 - Curva de calibração para ensaio com espargos para o Germânio 70.

O limite de detecção de germânio com o ICP-MS utilizado foi de 0,003 ppb, este valor foi obtido multiplicando três vezes o valor do desvio padrão do branco.

#### 3.1 - Exemplo de Calculo

Exemplo de cálculo para a concentração de Germânio na amostra:

1º Ensaio - alho - Germânio 70

C (solução amostra) = 7,724 ppb       $m_{\text{alho}} = 1.0011\text{g}$        $V_{\text{solução}} = 0,02500\text{L}$

### 3.2 - Análise de germânio no alho

Nas figuras 5 e 6 apresentam-se os resultados obtidos para a concentração do isótopo Germânio 70 em ppb (na solução amostra) e em ng/g (no alho), no último caso inclui-se o respectivo desvio padrão para cada ensaio.

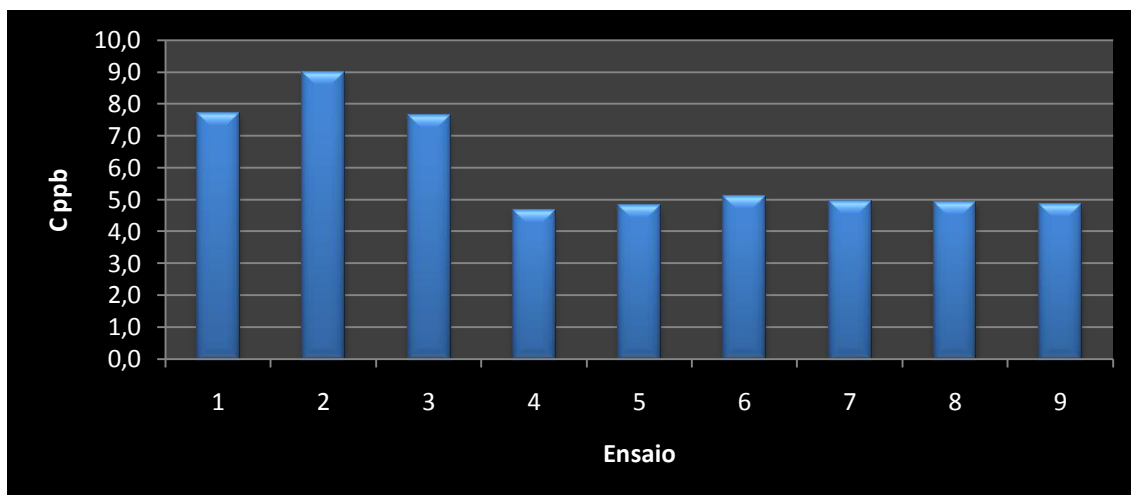


Figura 5 - Concentração de Germânio 70 na solução amostra do alho nos diferentes ensaios.

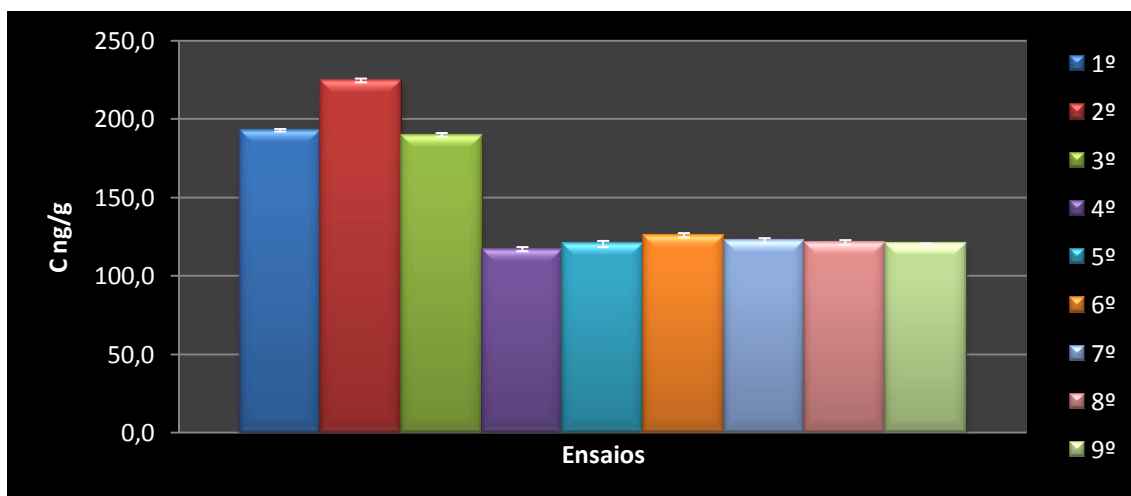


Figura 6 - Concentração de Germânio 70 no alho para os diferentes ensaios com respectivo desvio padrão.

Ao analisar estes dois gráficos para a concentração do isótopo  $^{70}\text{Ge}$  no alho, podemos concluir que os três primeiros têm uma maior concentração relativamente aos restantes e que o desvio padrão associado a cada ensaio é praticamente nulo. As diferenças nas concentrações podem ser explicadas pelo facto de cada ensaio ser realizado separadamente e como tal a parte do alho colocada em cada ensaio ser diferente. Pode-se assim concluir que a distribuição do germânio no alho não é uniforme.

Nos gráficos 7 e 8 são indicadas as concentrações de Germânio 72 obtidas no alho.

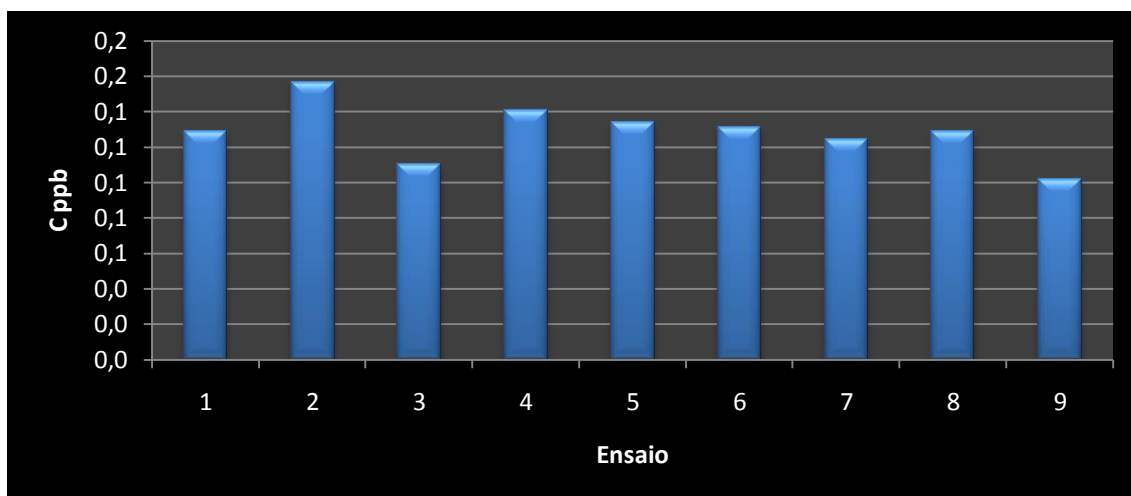


Figura 7 - Concentração de Germânio 72 na solução amostra do alho nos diferentes ensaios.

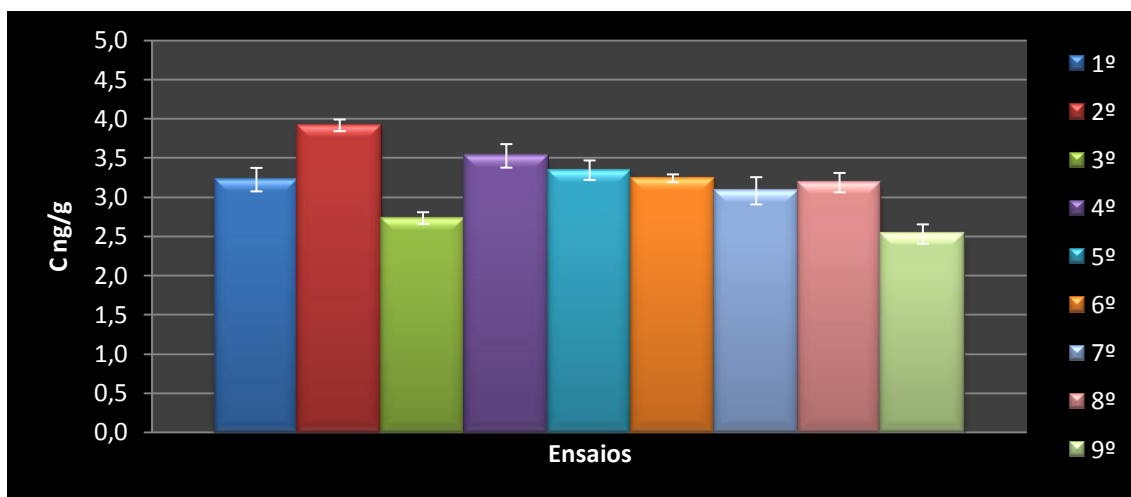


Figura 8 - Concentração de Germânio 72 no alho para os diferentes ensaios com respectivo desvio padrão

Ao analisar estes gráficos verifica-se que as concentrações nos diferentes ensaios estão bastante mais próximas, mas contudo nestes ensaios o desvio padrão associado a cada ensaio é um pouco maior.

Nos gráficos 9 e 10 apresentam-se os valores de concentração para o Germânio 74 nos ensaios com o alho.

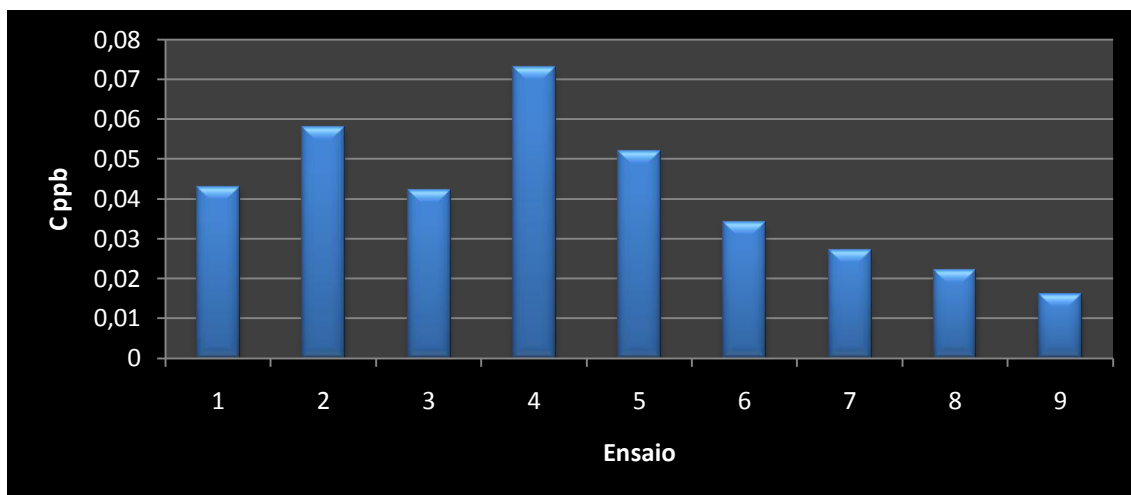


Figura 9 - Concentração de Germânio 74 na solução amostra do alho nos diferentes ensaios.

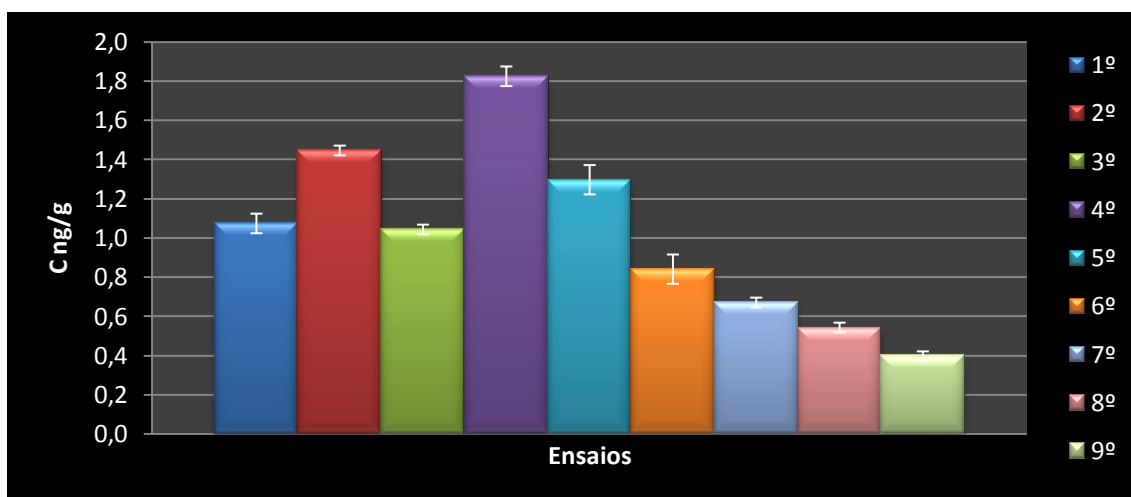


Figura 10 - Concentração de Germânio 74 no alho para os diferentes ensaios com respectivo desvio padrão.

Analisando estes gráficos verifica-se que existe uma discrepância de valores nos diferentes ensaios sendo o ensaio 4 aquele que contém uma maior concentração de Ge74.

No gráfico 11 apresenta-se a comparação das concentrações dos isótopos de Germânio no alho.

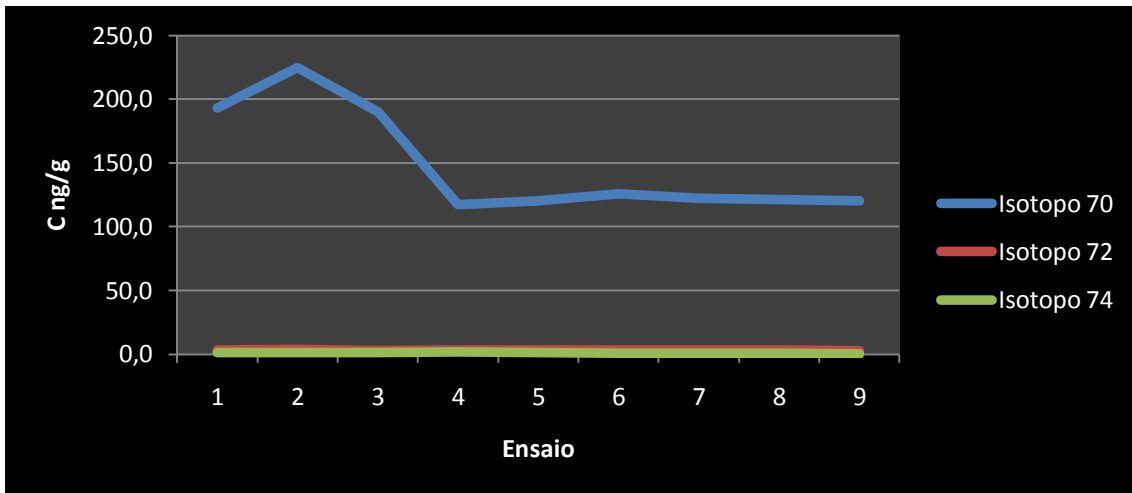


Figura 11 - Comparação das concentrações dos Isótopos nos diferentes ensaios no alho.

Ao analisar o gráfico verificamos que em todos os ensaios existe sempre uma maior concentração do isótopo Germânio 70. Sendo que os valores dos isótopos 72 e 74 comparados com os valores do isótopo 70 são muito baixos.

No gráfico 12 apresenta-se a percentagem que cada isótopo contribui para a concentração total de Germânio no alho, sendo esta 152,6 ng/g.

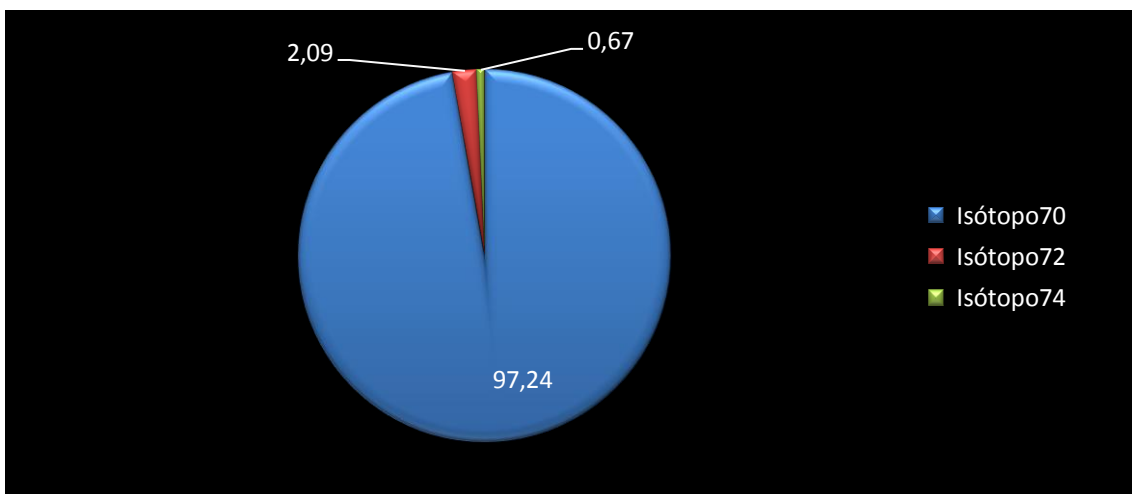


Figura 12 - Percentagem de cada Isótopo de na concentração Total de Germânio no Alho

Analisando o gráfico anterior verifica-se que para o alho o isótopo que contribui mais para a sua concentração total é o 70, com mais de 97%.

### 3.3 - Análise de germânio no rabanete

Nos gráficos 13 e 14 apresentam-se os valores de concentração obtidos para o isótopo Germânio 70 tanto em ppb (na solução amostra) como em ng/g (no rabanete) para as amostras de rabanete.

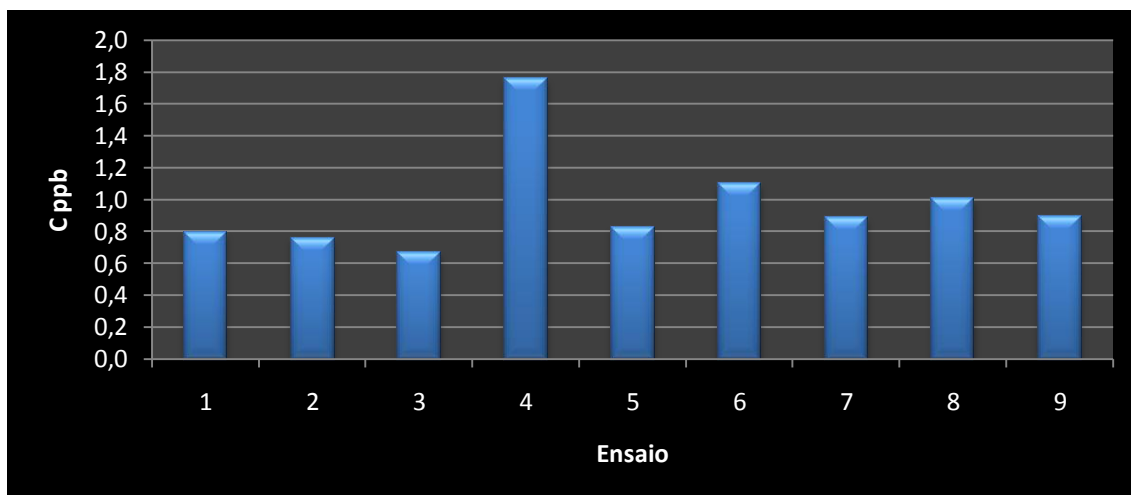


Figura 13 - Concentração de Germânio 70 na solução amostra do rabanete nos diferentes ensaios.

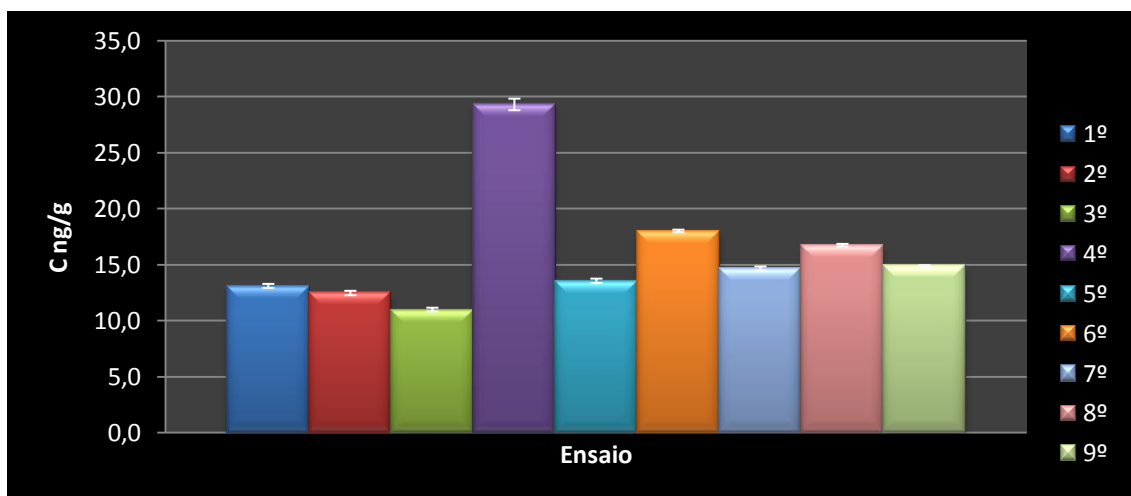


Figura 14 - Concentração de Germânio 70 no rabanete para os diferentes ensaios com respectivo desvio padrão.

Analisando estes gráficos verifica-se que existe uma coerência de valores nos diferentes ensaios apenas o ensaio 4 apresenta um maior valor de concentração, sendo os respectivos desvios padrões baixos.

Nos gráficos 15 e 16, representam-se os valores de concentração referentes ao isótopo Germânio 72.

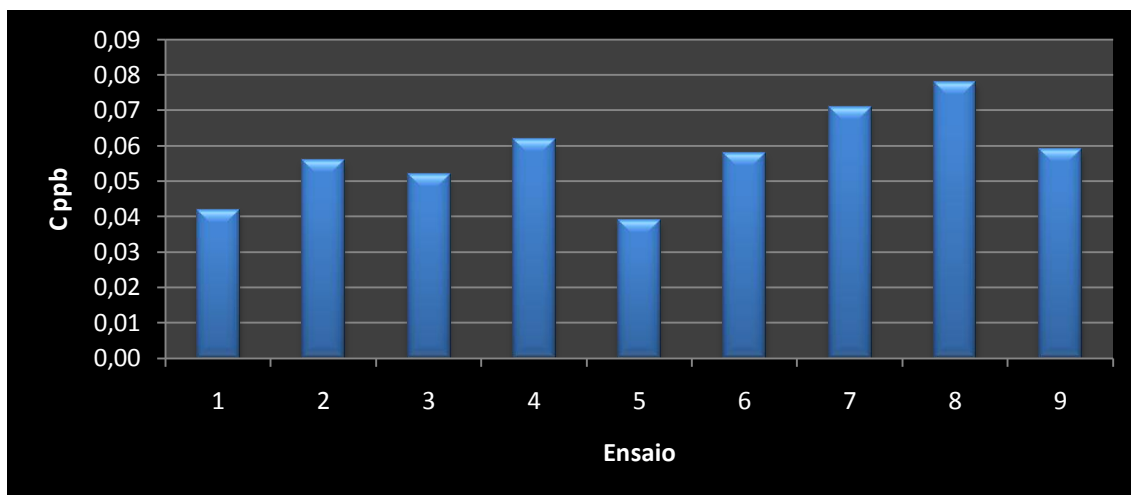


Figura 15 - Concentração de Germânio 72 na solução amostra do rabanete nos diferentes ensaios.

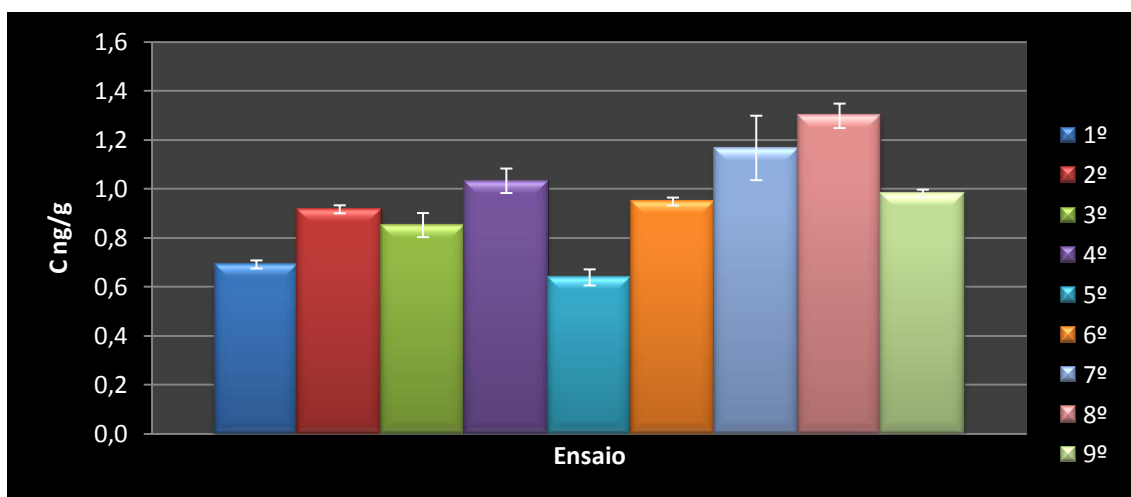


Figura 16 - Concentração de Germânio 72 no rabanete para os diferentes ensaios com respectivo desvio padrão.

Verifica-se, analisando os gráficos, que existe alguma discrepância nos valores de concentração nos diferentes ensaios, podendo esta variação ser explicada pela diferente amostra retirada do rabanete. Uma amostra que contenha mais casca é diferente de uma amostra que tenha mais miolo do vegetal. Analisando o desvio padrão verificamos que no ensaio 7 existe um valor mais elevado comparativamente com os restantes ensaios.

Nos gráficos seguintes, 17 e 18, apresentam-se os valores de concentração para o isótopo Germânio 74.

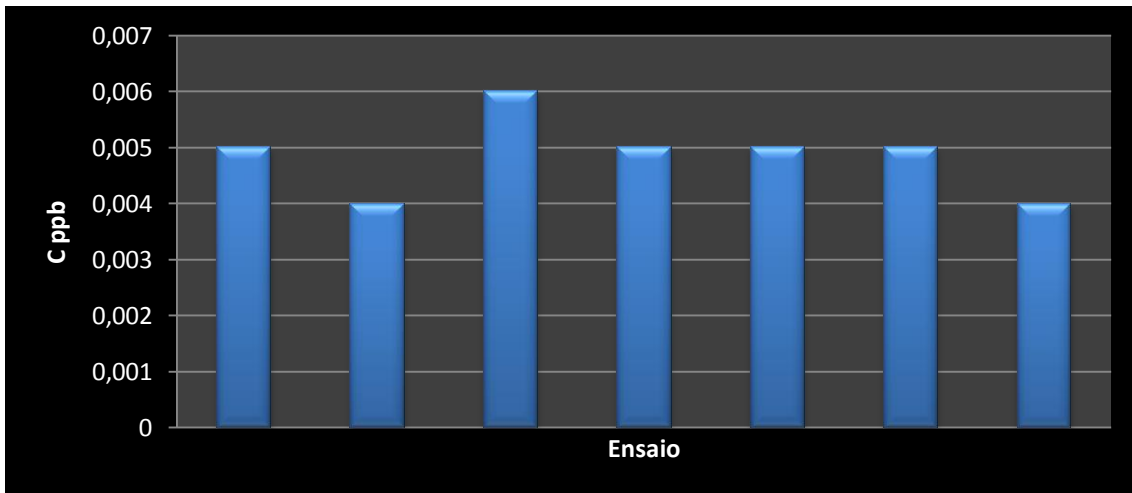


Figura 17 - Concentração de Germânio 74 na solução amostra do rabanete nos diferentes ensaios.

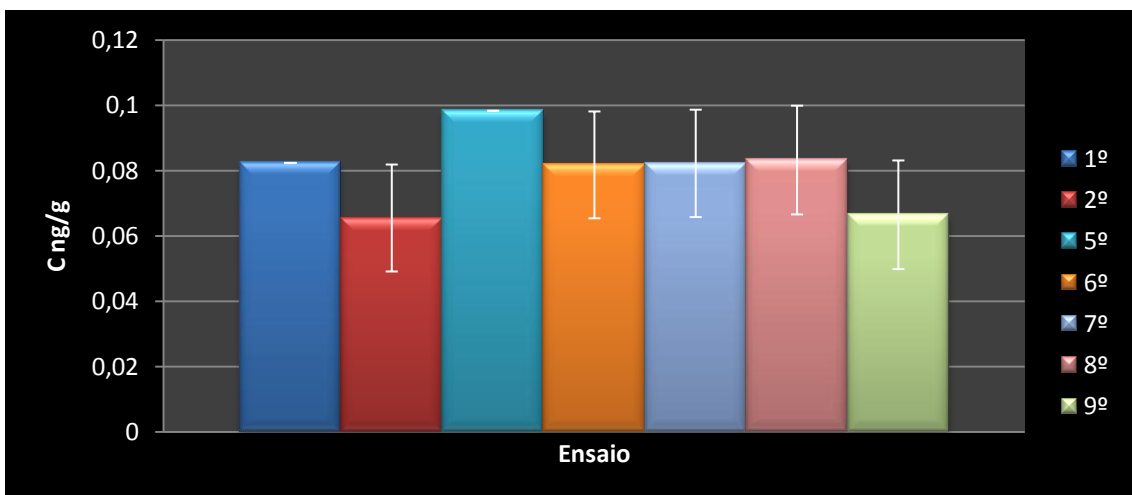


Figura 18 - Concentração de Germânio 74 no rabanete para os diferentes ensaios com respectivo desvio padrão.

Com a análise dos gráficos anteriores verifica-se que a ausência dos ensaios 3 e 4, porque os valores obtidos encontravam-se abaixo do limite de detecção (0,003 ppb). Analisando a concentração, esta é bastante próxima nos diferentes ensaios, já o desvio padrão excluindo os ensaios 1 e 5 é bastante elevado.

No gráfico 19 apresenta-se a comparação dos ao longo dos ensaios para os diferentes isótopos.

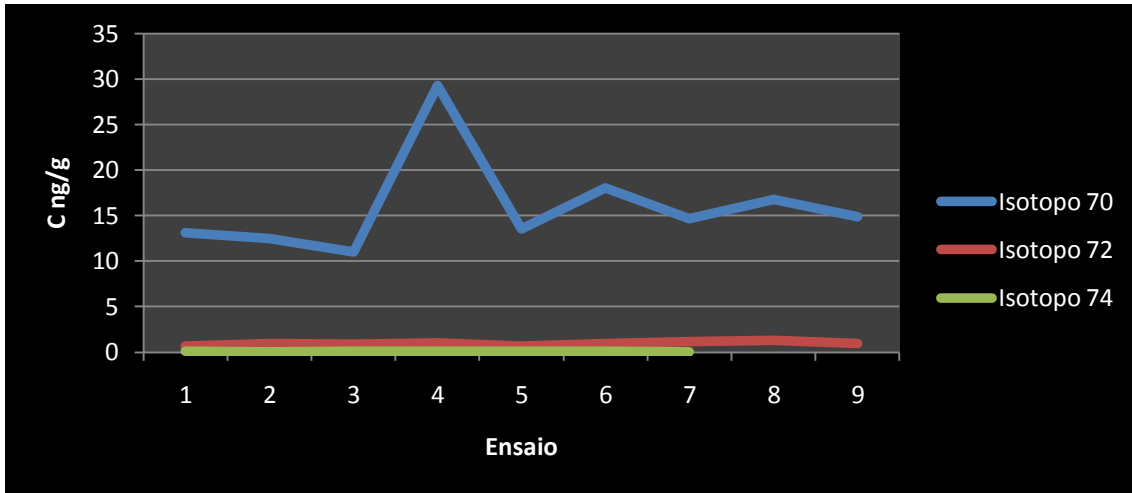


Figura 19 - Comparação das concentrações dos Isótopos nos diferentes ensaios no Rabanete.

Como no alho verifica-se que no rabanete o isótopo 70 tem a concentração mais elevada em todos os ensaios.

No gráfico 20, apresenta-se a percentagem de cada isótopo na concentração total de Germânio no rabanete sendo esta 21,85 ng/g.

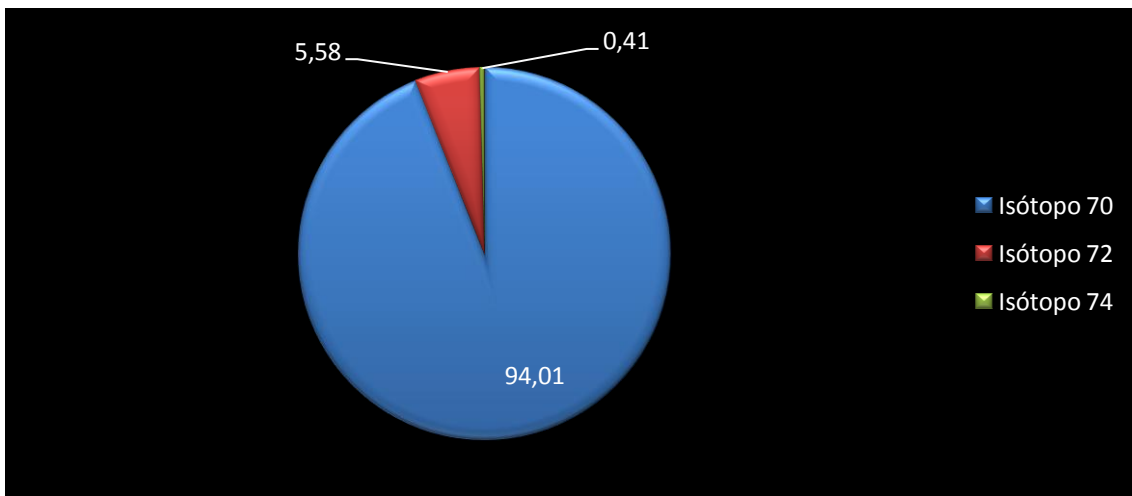


Figura 20 - Percentagem de cada Isótopo na concentração total de Germânio no Rabanete.

Como no alho o isótopo Germânio 70 têm a maior fatia na concentração total de Germânio com 94% e o isótopo 72 com cerca de 5,5% existindo um valor muito baixo para o isótopo 74.

### 3.4 - Análise de germânio nos espargos

Relativamente aos espargos e em contraste com os restantes alimentos foram efectuados 11 ensaios e não 9.

Nos gráficos seguintes apresentam-se os resultados obtidos para a concentração de isótopo Germânio 70 em ppb (na solução amostra) e ng/g (nos espargos).

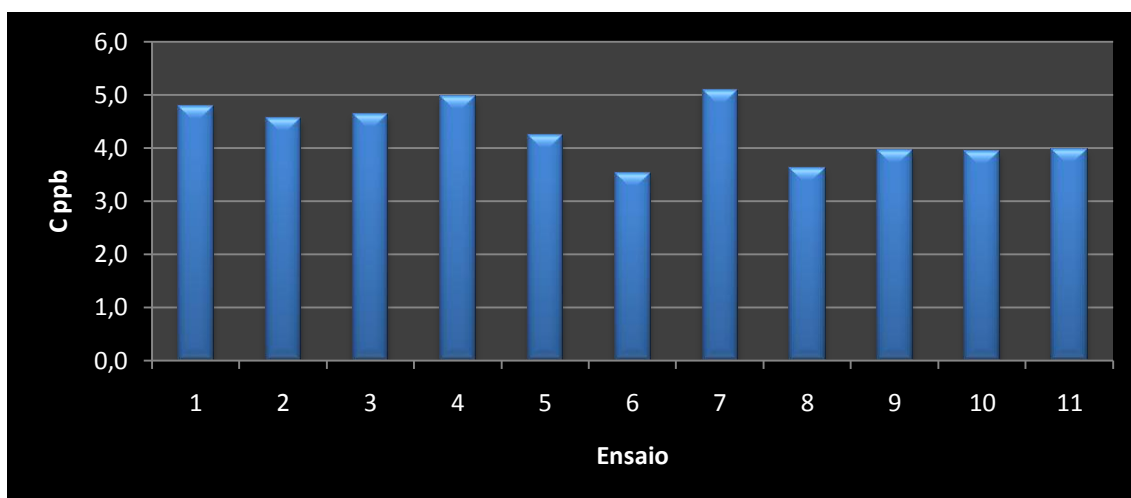


Figura 21 - Concentração de Germânio 70 na solução amostra de espargos nos diferentes ensaios.

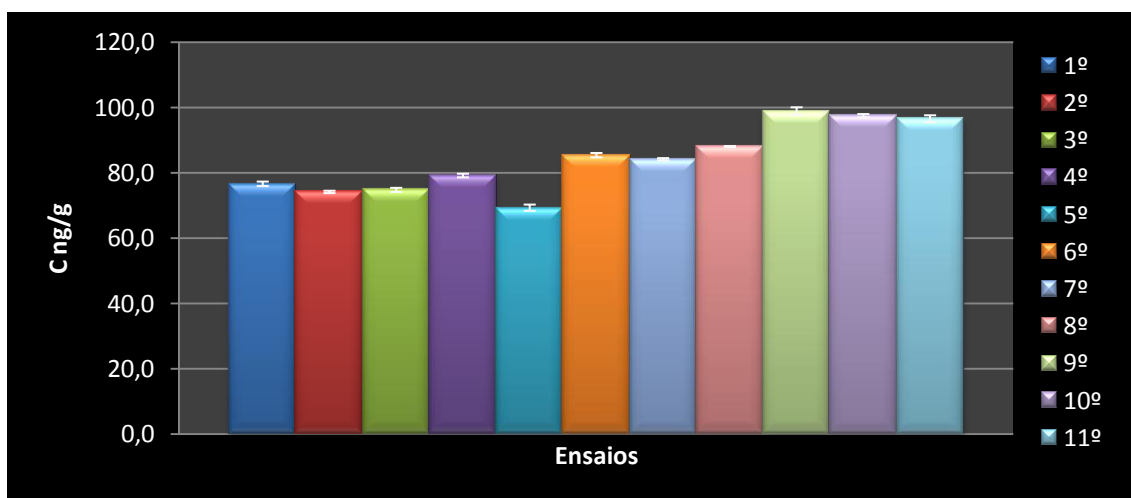


Figura 22 - Concentração de Germânio 70 nos espargos para os diferentes ensaios com respectivo desvio padrão.

Analisando os resultados verifica-se que não há uma grande discrepância nos valores de concentração ao longo dos ensaios e o desvio padrão associado a cada ensaio é praticamente nulo.

Nos gráficos 23 e 24 apresentam-se os valores de concentração para o isótopo Germânio 72.

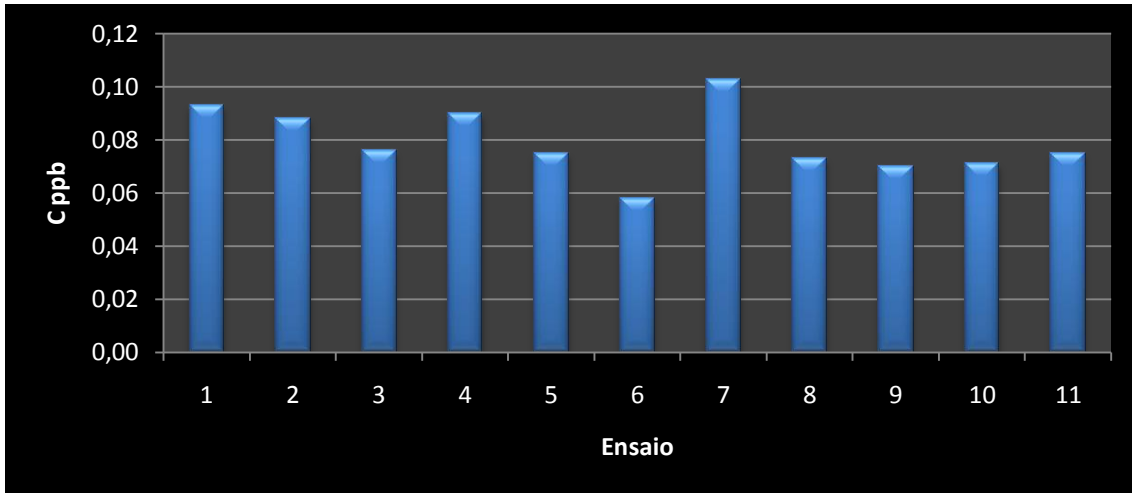


Figura 23 - Concentração de Germânio 72 na solução amostra de espargos nos diferentes ensaios.

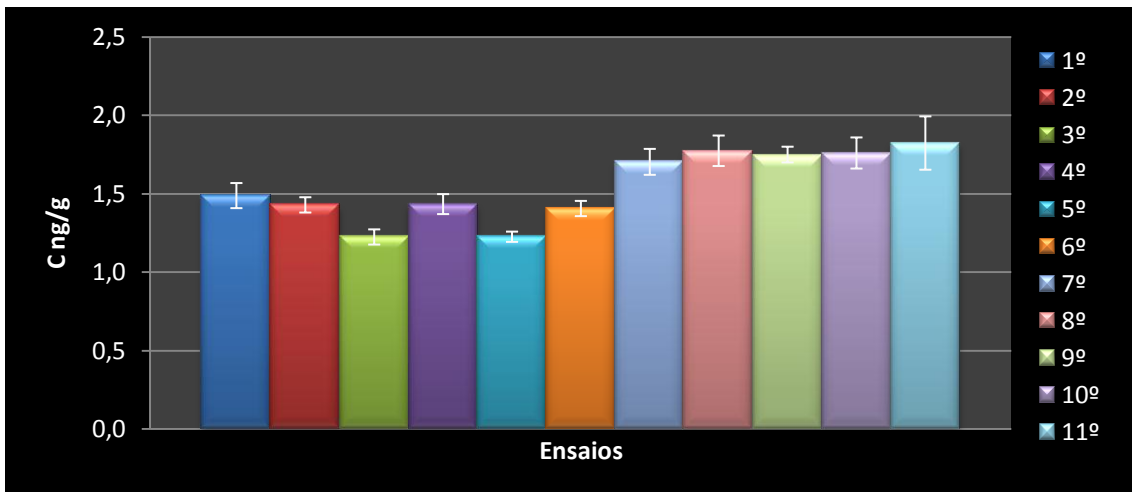


Figura 24 - Concentração de Germânio 72 nos espargos para os diferentes ensaios com respectivo desvio padrão.

Ao analisar-se estes gráficos pode-se concluir que os valores de concentração nos diferentes ensaios estão bastantes próximos, mas ao contrário do isótopo 70, estes apresentam valores superiores para o desvio padrão para os diferentes ensaios.

Nos gráficos 25 e 26, apresentam-se os valores de concentração obtidos para o isótopo 74 contido nas amostras de espargos.

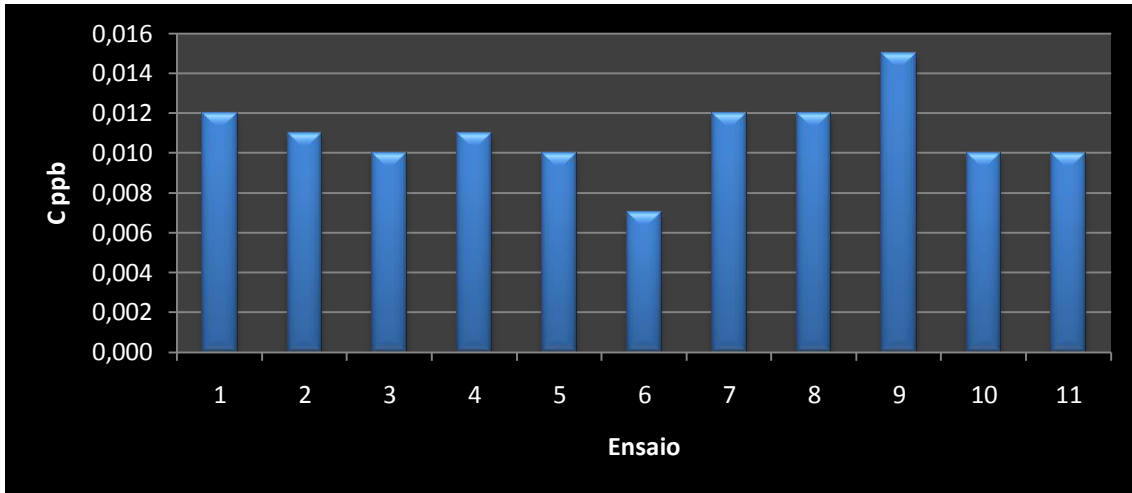


Figura 25 - Concentração de Germânio 74 na solução amostra de espargos nos diferentes ensaios.

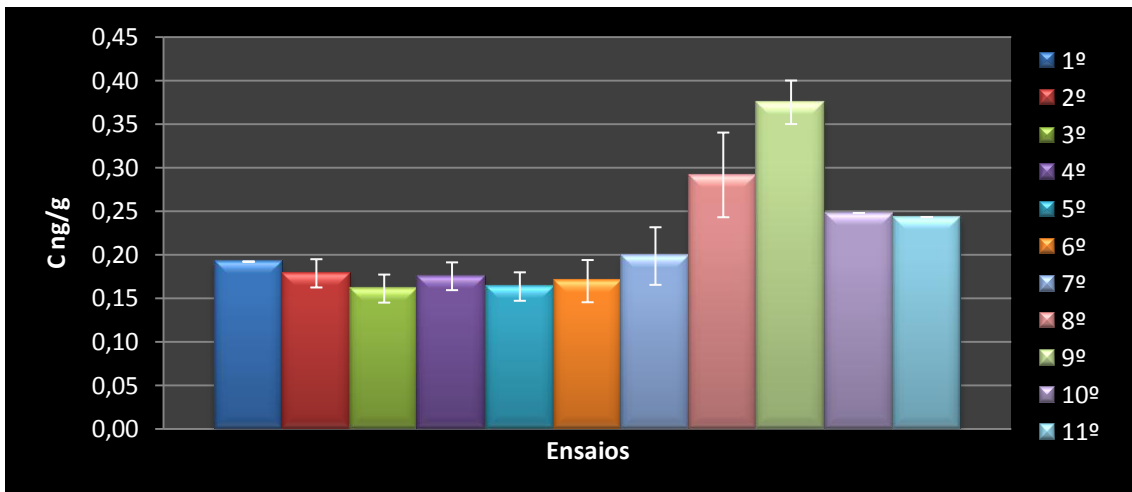


Figura 26 - Concentração de Germânio 74 nos espargos para os diferentes ensaios com respectivo desvio padrão.

Ao fazer-se a análise destes gráficos conclui-se que existem valores próximos de concentração nos primeiros sete ensaios e que nos quatro seguintes existe um aumento de concentração, tendo o ensaio 9 o maior valor de concentração cerca de 0,37 ng/g. Relativamente ao desvio padrão este existe de forma significativa excepto nos ensaios 1, 10 e 11.

No gráfico 27 apresenta-se a comparação das concentrações dos diferentes isótopos nos espargos.

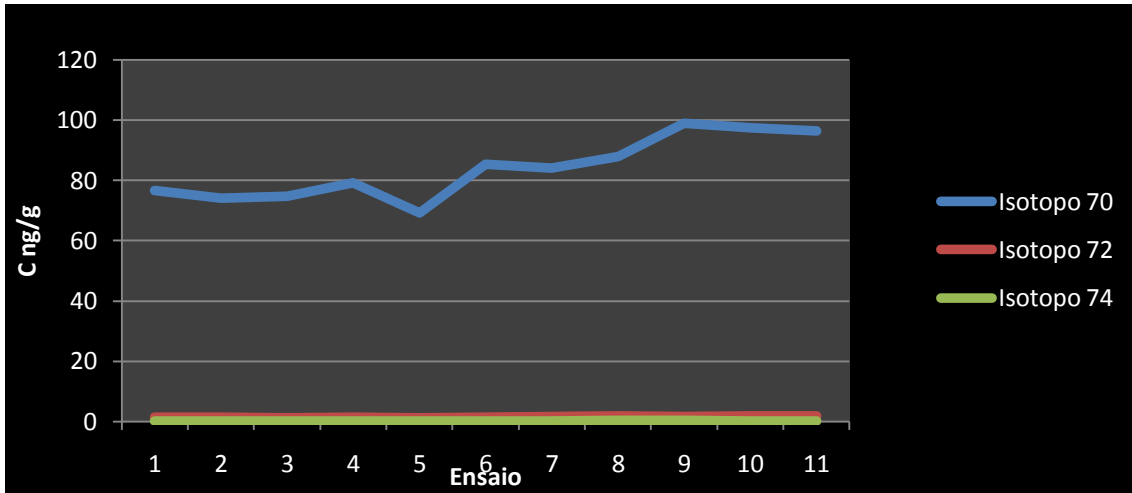


Figura 27 - Comparação das concentrações dos Isótopos nos diferentes ensaios nos Espargos.

Verifica-se pela análise do gráfico que como nos alimentos, existe uma grande diferença de concentração de isótopo Germânio 70 relativamente aos restantes.

No gráfico 28 apresenta-se a percentagem de cada isótopo na concentração total de Germânio nos espargos, que foi de 85,78ng/g.

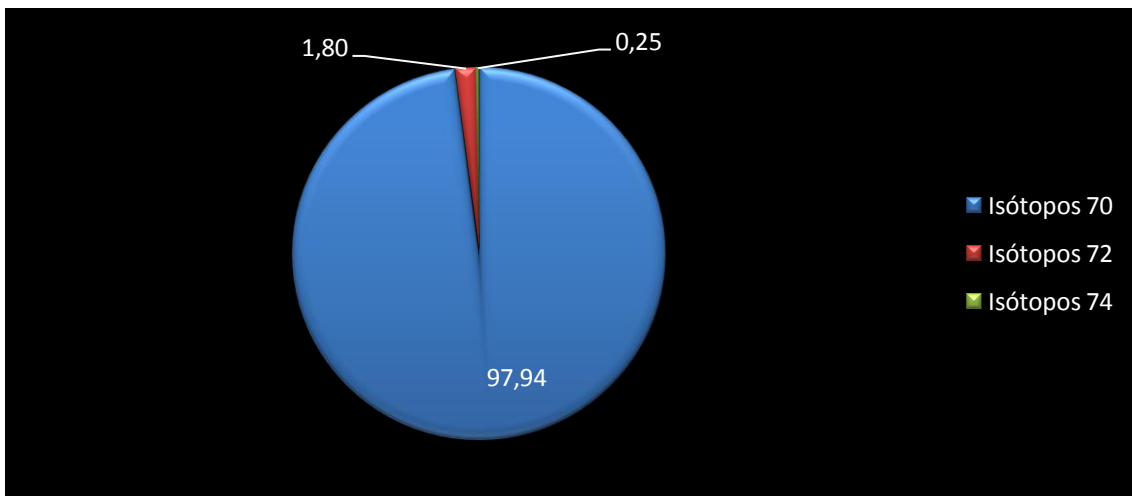


Figura 28 - Percentagem de cada Isótopo na concentração total de Germânio nos Espargos.

Pode-se concluir que cerca de 98% da concentração de Germânio contida nos espargos é proveniente do seu isótopo 70.

### 3.5 - Análise de germânio no gengibre

Nas figuras 29 e 30, apresentam-se os valores de concentração para o isótopo 70 no gengibre.

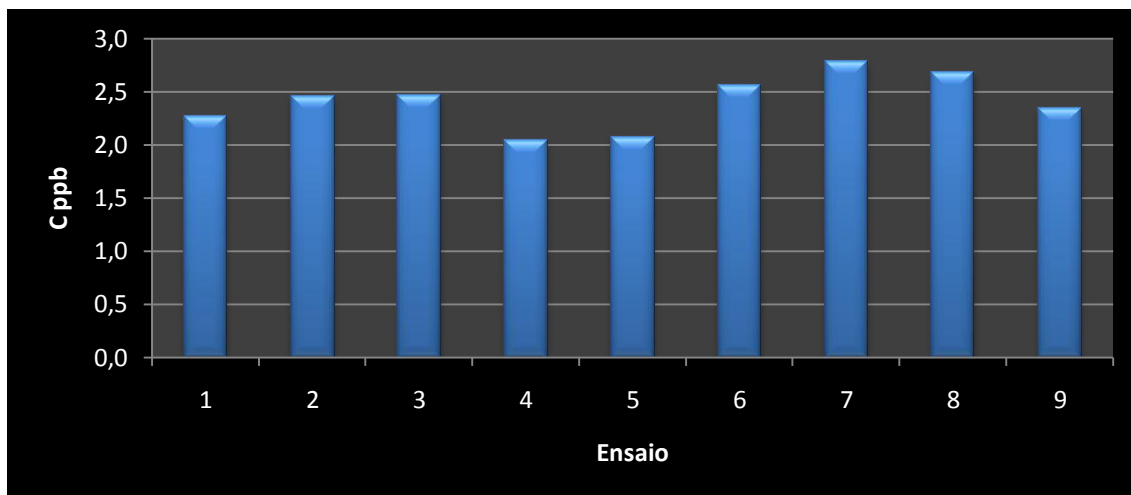


Figura 29 - Concentração de Germânio 70 na solução amostra do gengibre nos diferentes ensaios.

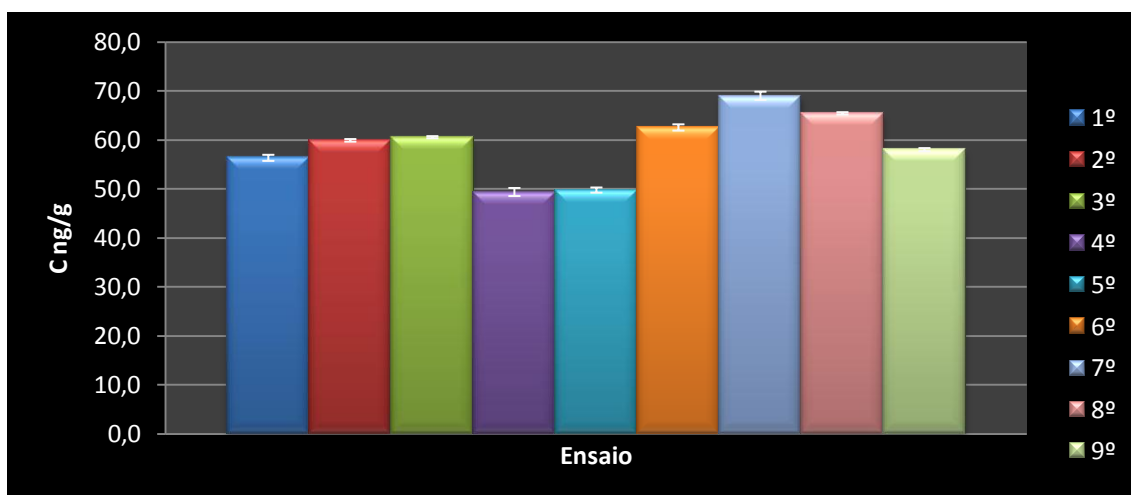


Figura 30 - Concentração de Germânio 70 no gengibre para os diferentes ensaios com respectivo desvio padrão.

Ao analisar-se os valores obtidos para a concentração do isótopo 70, pode-se concluir que os valores de concentração são bastante próximos nos diferentes ensaios, sempre à volta de 60 ng/g. Relativamente ao desvio padrão este é praticamente nulo para todos os ensaios.

Os gráficos 31 e 32 apresentam-se os valores obtidos nos diferentes ensaios para o isótopo 72.

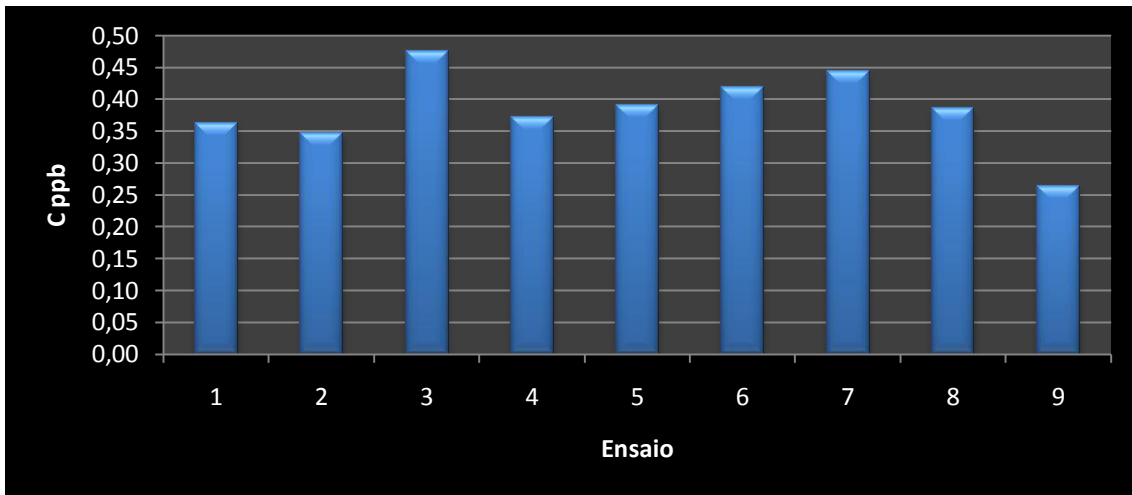


Figura 31 - Concentração de Germânio 72 na solução amostra do gengibre nos diferentes ensaios.

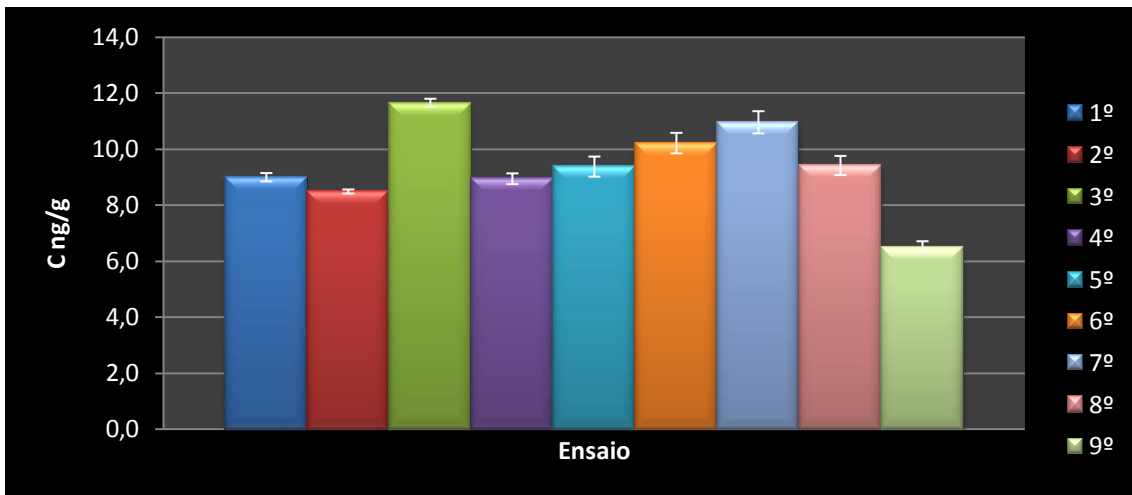


Figura 32 - Concentração de Germânio 72 no gengibre para os diferentes ensaios com respectivo desvio padrão.

Analisando os gráficos, verifica-se uma coerência nos diferentes ensaios apenas o ensaio 3 está um pouco acima dos outros com cerca de 12 ng/g e o ensaio 9 um pouco abaixo com cerca de 7 ng/g.

Nos gráficos 33 e 34 estão representados os valores de concentração para o isótopo 74.

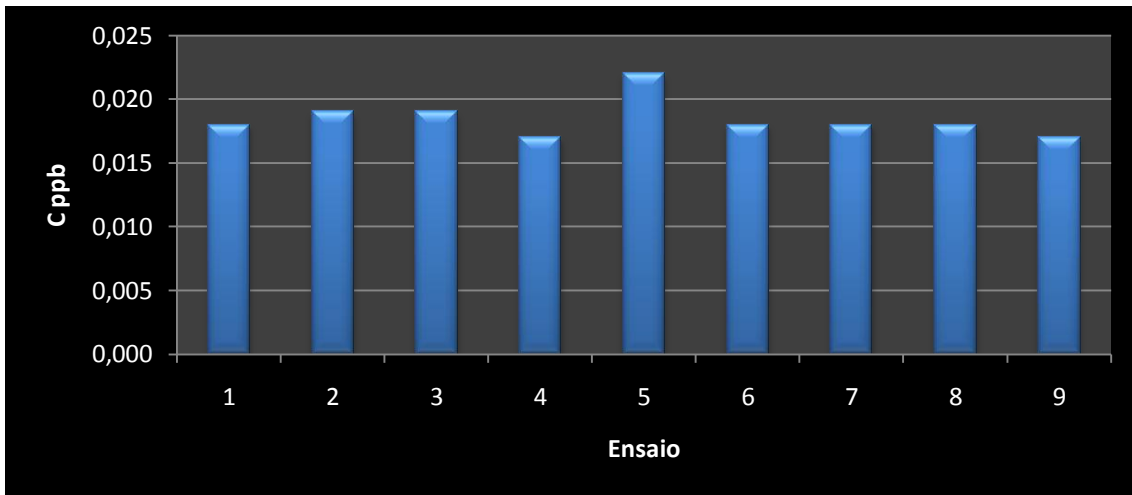


Figura 33 - Concentração de Germânio 74 na solução amostra do gengibre nos diferentes ensaios.

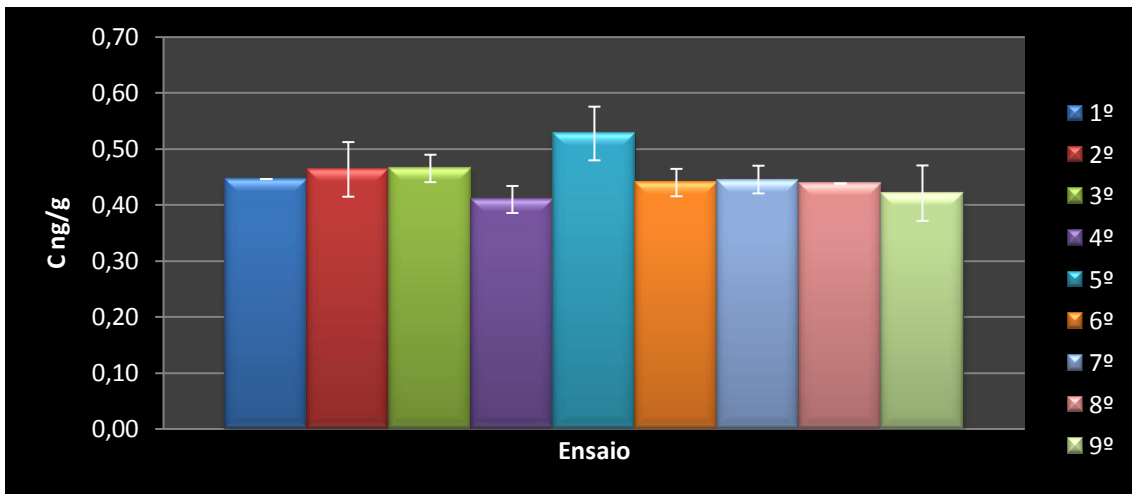


Figura 34 - Concentração de Germânio 74 no gengibre para os diferentes ensaios com respectivo desvio padrão.

Nos gráficos anteriores verifica-se valores bastante próximos para todos os ensaios e também um valor bastante significativo do desvio padrão exceptuando os ensaios 1 e 8.

No gráfico 35 apresenta-se os valores de concentração dos diferentes isótopos nos diferentes ensaios.

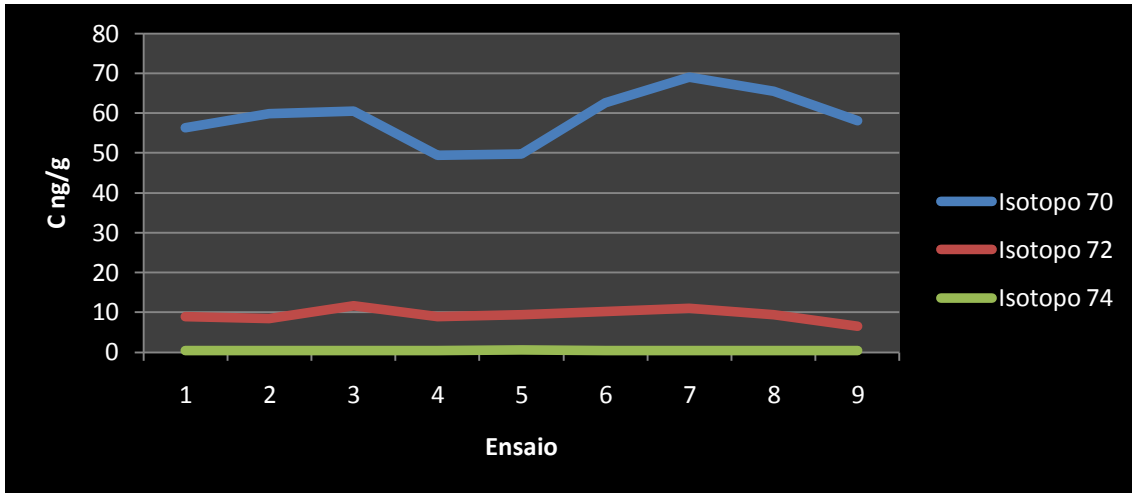


Figura 35 - Comparação das concentrações dos Isótopos nos diferentes Ensaio no Gengibre

Analisando o gráfico e como acontece nos alimentos anteriores verifica-se uma maior concentração para cada ensaio, do isótopo 70, existindo ao contrario dos anteriores alimentos uma diferença acentuada dos isótopos 72 e 74.

No gráfico 36 está apresenta-se a percentagem de cada isótopo na concentração total de Germânio no gengibre, sendo esta de 68,88ng/g.

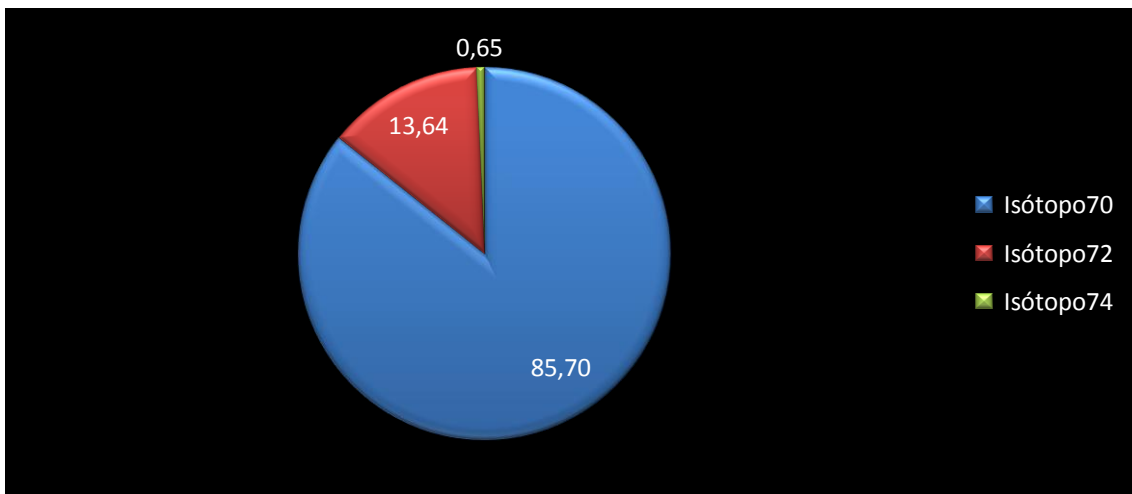


Figura 36 - Percentagem de cada Isótopo na concentração total de Germânio no Gengibre.

Fazendo uma análise do gráfico anterior verifica-se que o isótopo 70 é o que mais contribui para a concentração de Germânio total com cerca de 86%, seguido do isótopo 72 com 13,64% ficando apenas uma pequena contribuição do isótopo 74 com apenas 0,65%

### 3.6 - Análise de germânio no ginseng

Nos gráficos 37 e 38 apresentam-se os valores de concentração do isótopo 70 no ginseng em ppb (na solução amostra) e ng/g (no ginseng) nos diferentes ensaios.

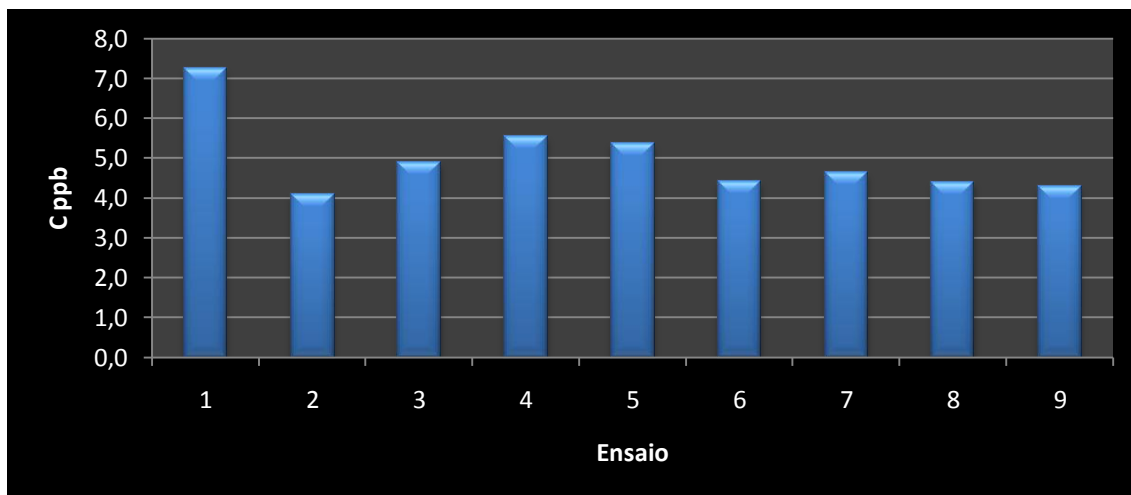


Figura 37 - Concentração de Germânio 70 na solução amostra do ginseng nos diferentes ensaios.

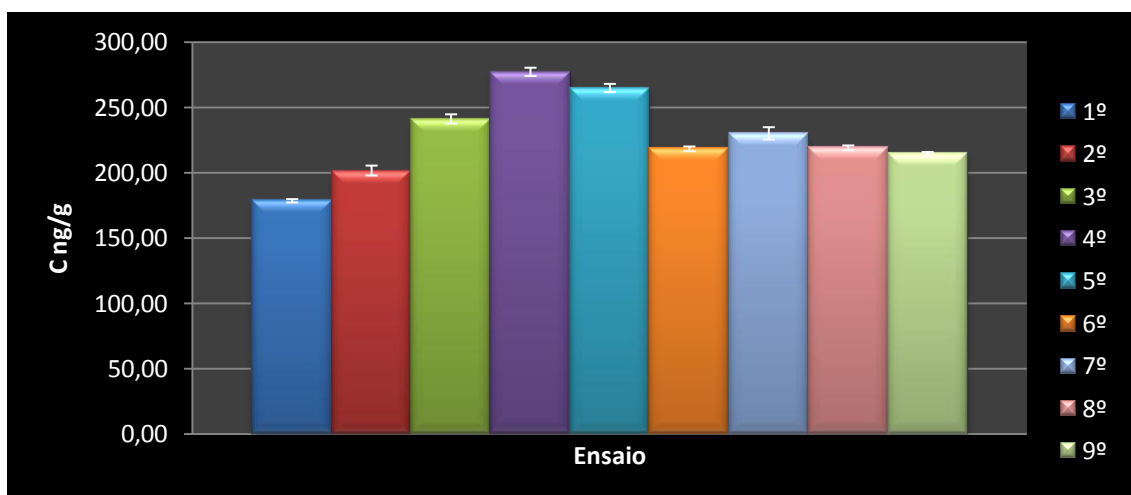


Figura 38 - Concentração de Germânio 70 no ginseng para os diferentes ensaios com respectivo desvio padrão.

Fazendo a análise dos gráficos pode-se concluir, que os valores de concentração são todos relativamente próximos em todos os ensaios, tirando o 1 que está um pouco abaixo desse média com cerca de 175ng/g e os ensaios 4 e 5 um pouco acima com um valor de concentração próximos 270ng/g. Relativamente ao desvio padrão este é praticamente nulo em todos os ensaios.

Nos dois gráficos seguintes, 39 e 40 estão representados os valores de concentração para o isótopo 72.

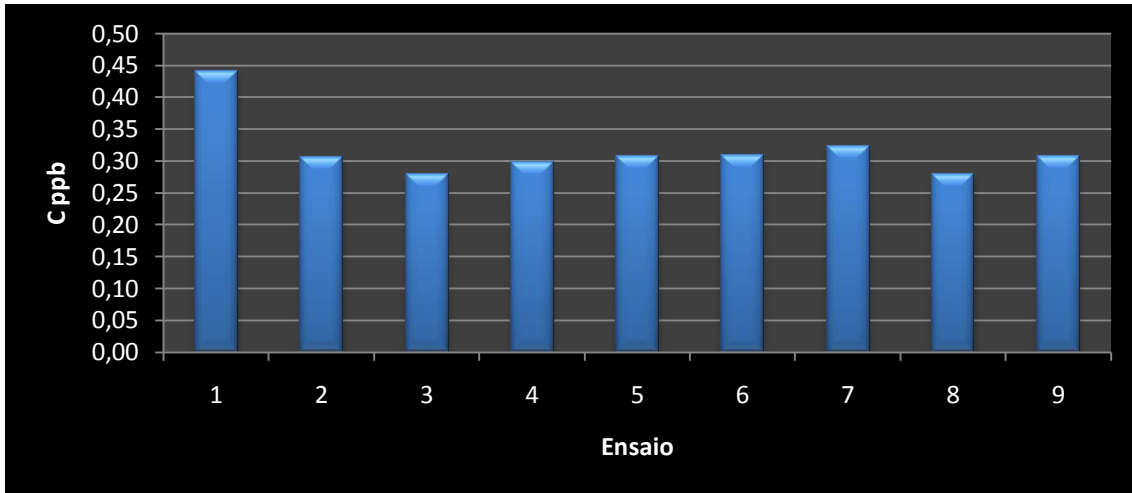


Figura 39 - Concentração de Germânio 72 na solução amostra do ginseng nos diferentes ensaios.

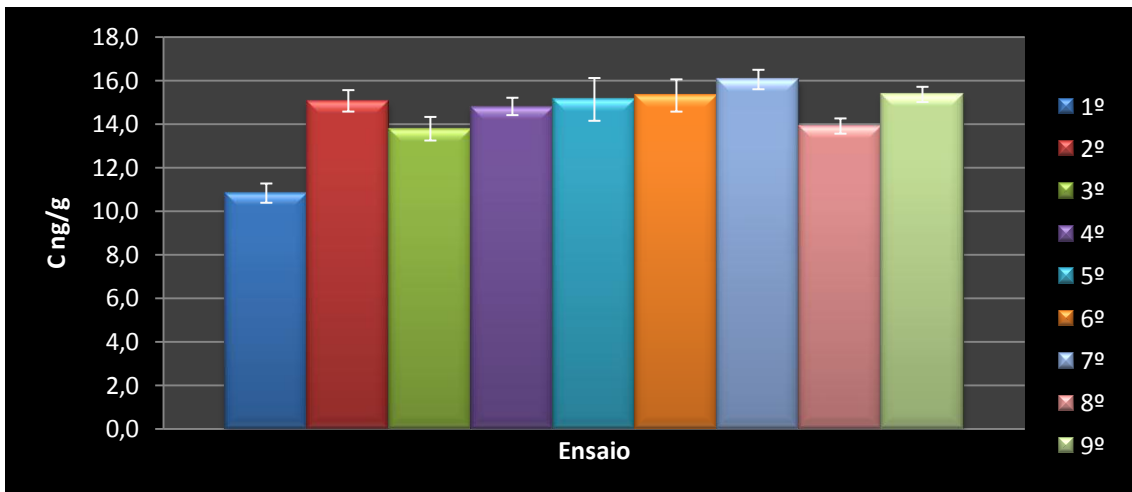


Figura 40 - Concentração de Germânio 72 no ginseng para os diferentes ensaios com respectivo desvio padrão.

Para o isótopo 72 os resultados para os diferentes ensaios são muito próximos, tirando o ensaio 1, pois apesar de este ter um valor de concentração superior em ppb mas como neste ensaio foi usado uma massa superior aos restantes convertendo para ng/g, o valor de concentração fica mais baixo.

Nos gráficos 41 e 42 apresentam-se os valores de concentração para o isótopo 74.

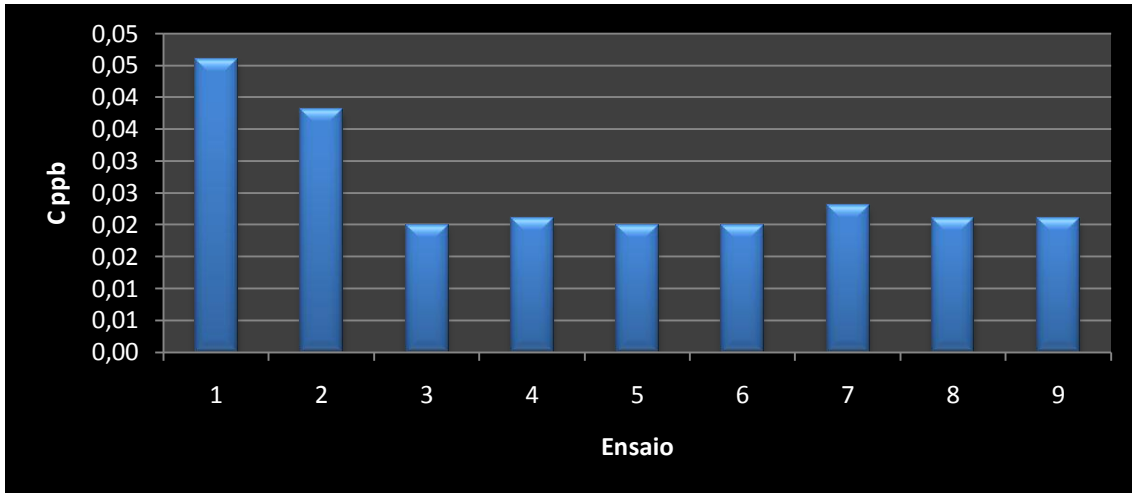


Figura 41 - Concentração de Germânio 74 na solução amostra do ginseng nos diferentes ensaios.

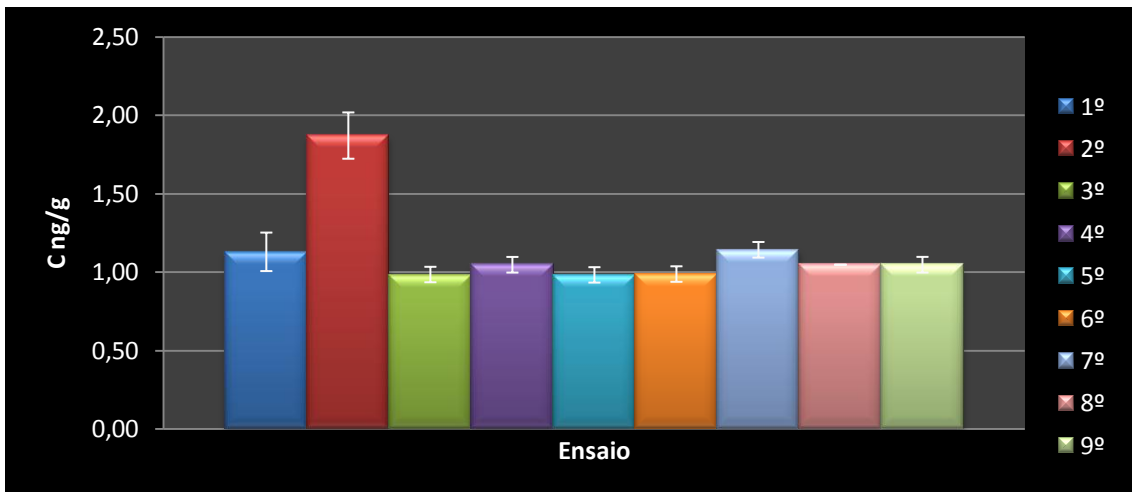


Figura 42 - Concentração de Germânio 74 no ginseng para os diferentes ensaios com respectivo desvio padrão.

Comparando os resultados para este isótopo conclui-se que os valores de concentração são todos muito próximos exceptuando o 2 ensaio. Relativamente ao desvio padrão este tem valores baixos tirando apenas os valores dos dois primeiros, onde aí o valor é um pouco mais elevado.

No gráfico 43 apresentam-se os valores de concentração para os diferentes isótopos, nos diferentes ensaios.

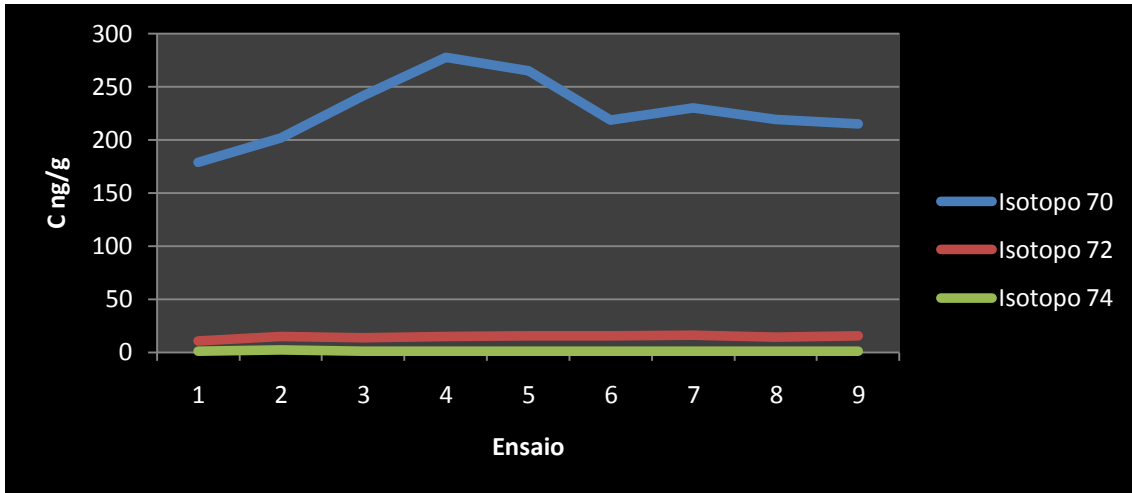


Figura 43 - Comparação das concentrações dos Isótopos nos diferentes ensaios no Ginseng.

Analisando o gráfico anterior verifica-se que os valores de concentração mais altos são para o isótopo 70, seguindo-se como nos outros dos isótopos 72 e 74.

Para o ginseng obteve-se um valor total de Germânio de, 242,96ng/g. No gráfico 44 estão representadas as percentagens correspondentes à contribuição de cada isótopo na concentração total.

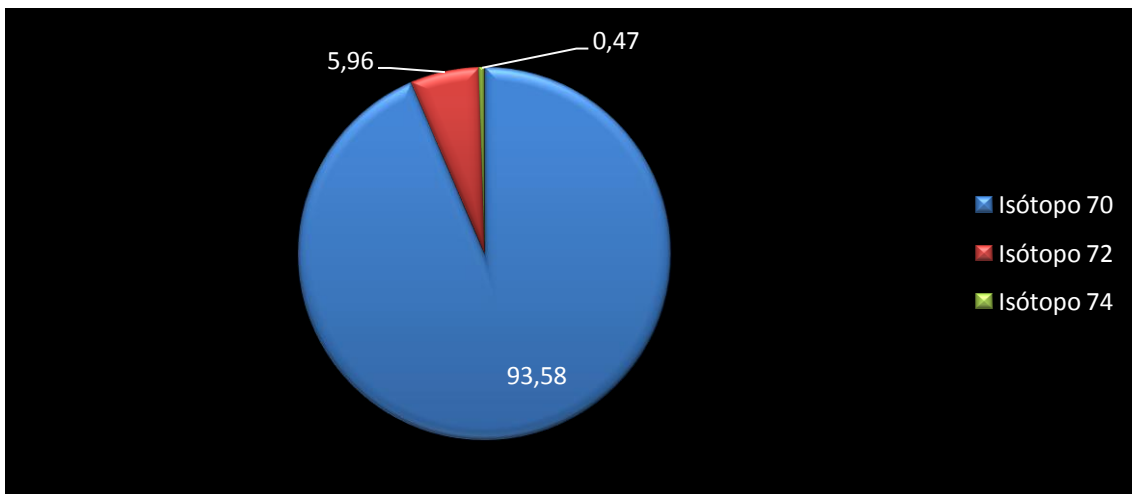


Figura 44 - Percentagem de cada Isótopo na concentração total de Germânio no Ginseng.

Analisando o gráfico verifica-se que o isótopo que mais contribui para a concentração total é o 70 com cerca de 94% seguindo-se do 72 e 74.

### 3.7 - Análise de germânio nos cogumelos

Nos gráficos 46 e 47 apresentam-se os valores obtidos de concentração do isótopo 70 nos diferentes ensaios para as amostras de cogumelos.

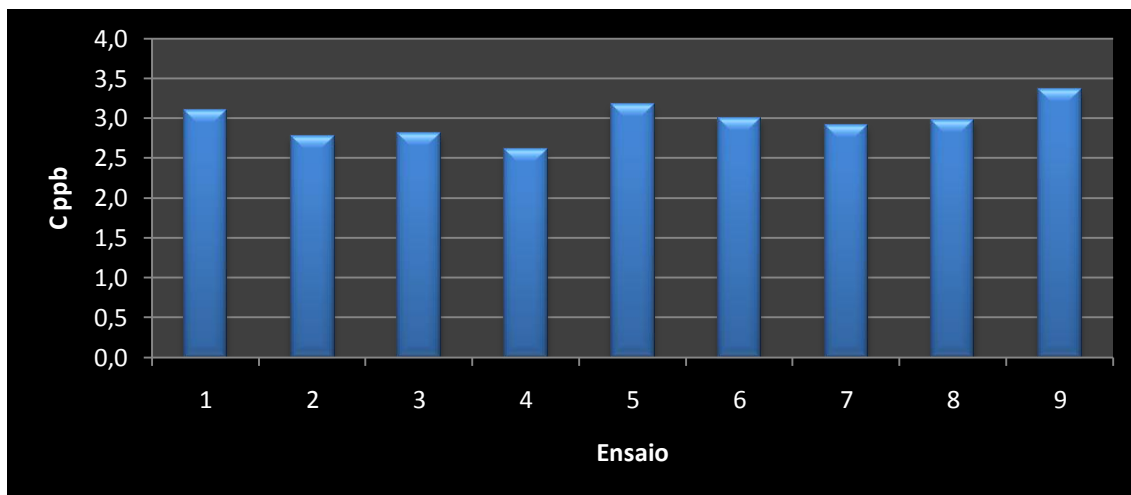


Figura 45 - Concentração de Germânio 70 na solução amostra de cogumelos nos diferentes ensaios.

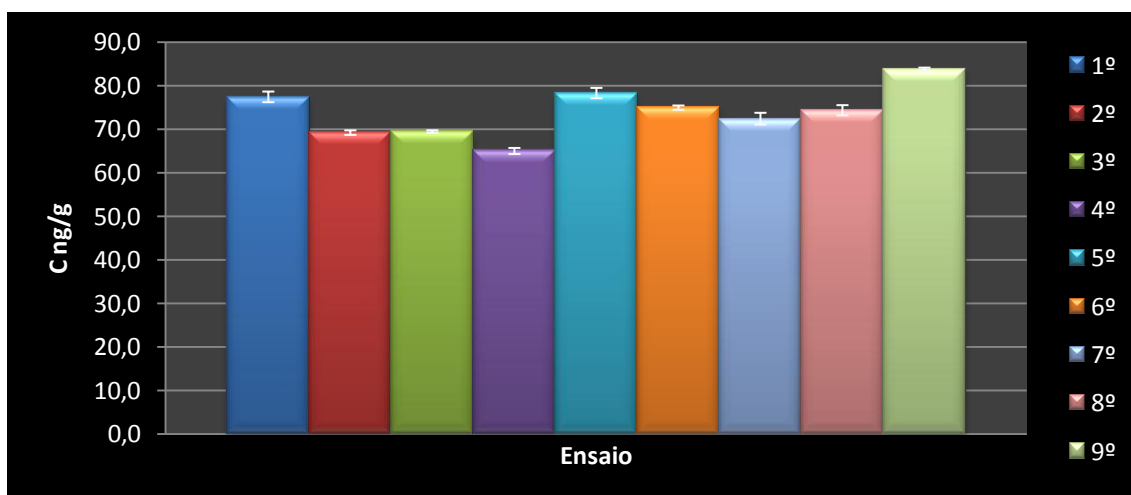


Figura 46 - Concentração de Germânio 70 nos cogumelos para os diferentes ensaios com respectivo desvio padrão.

Analisando os gráficos anteriores verifica-se que nos diferentes ensaios os valores obtidos são todos bastante próximos situando-se todos próximos dos 75ng/g. Relativamente ao desvio padrão este existe em todos os ensaios mas com valores muito baixos.

Nos gráficos 47 e 48 estão representados os valores de concentração para o isótopo 72 para os diferentes ensaios, tanto em ppb(na solução amostra) como em ng/g(nos cogumelos).

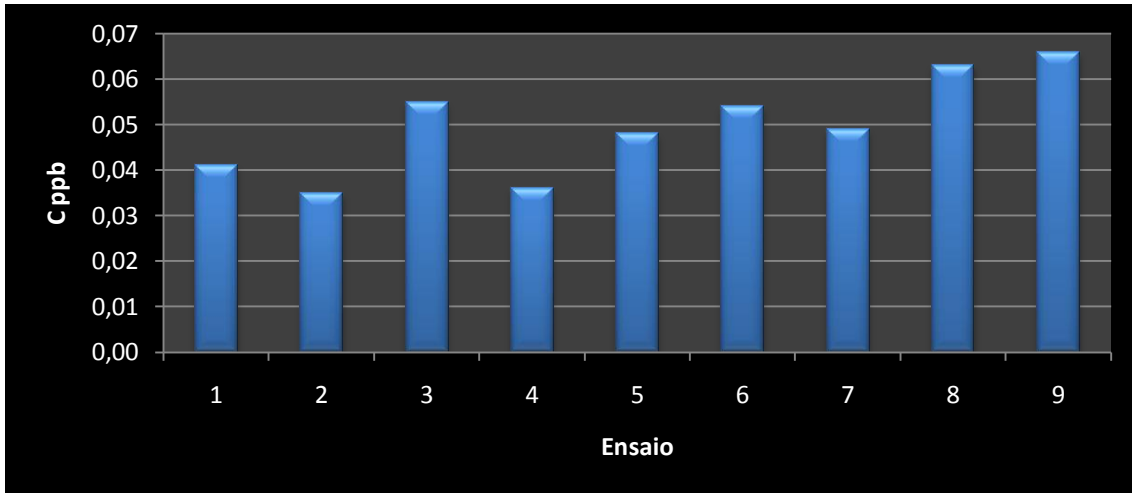


Figura 47 - Concentração de Germânio 72 na solução amostra dos cogumelos nos diferentes ensaios.

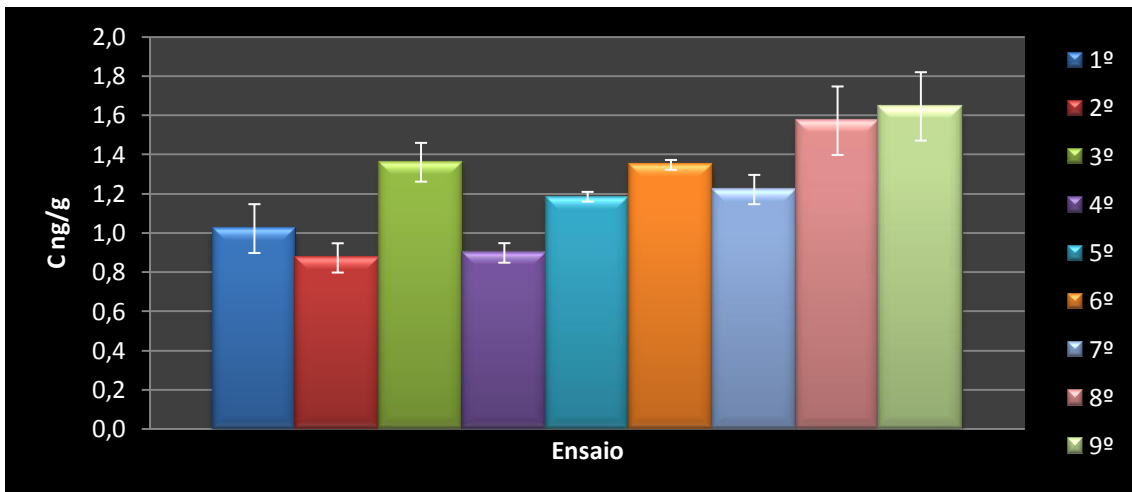


Figura 48 - Concentração de Germânio 72 nos cogumelos para os diferentes ensaios com respectivo desvio padrão.

Analisando os gráficos verifica-se que existe uma maior concentração nos ensaios 8 e 9 com cerca de 1,6ng/g, com os restantes ensaios a estarem com valores de concentração de cerca 1,2ng/g. Relativamente ao desvio padrão existe exceptuando os ensaios 5 e 6, um valor significativo. Este valor do desvio padrão pode ser explicado por mudanças nas condições do ICP-MS.

Nas figuras 49 e 50 estão representados os gráficos com os valores de concentração para o isótopo 74, nos diferentes ensaios.

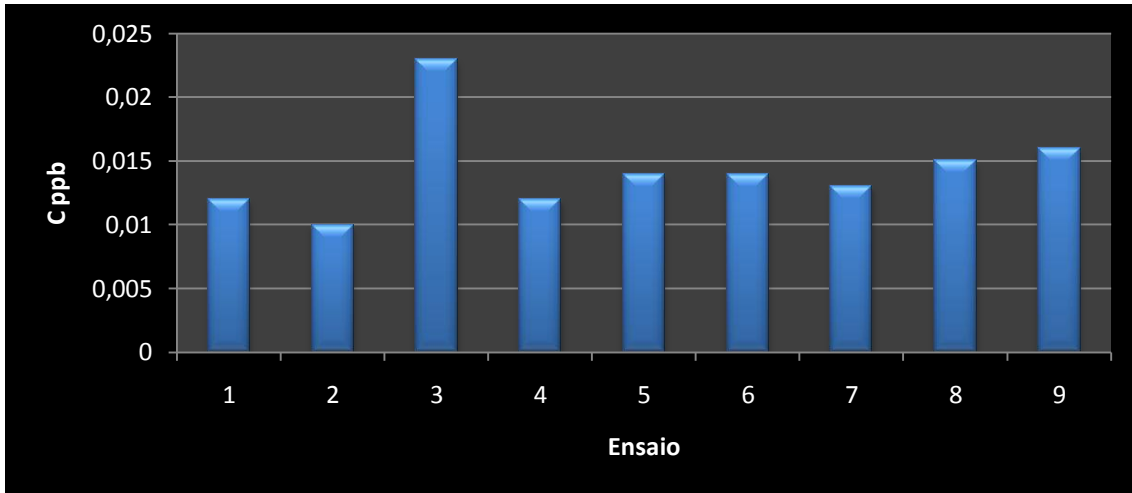


Figura 49 - Concentração de Germânio 74 na solução amostra de cogumelos nos diferentes ensaios.

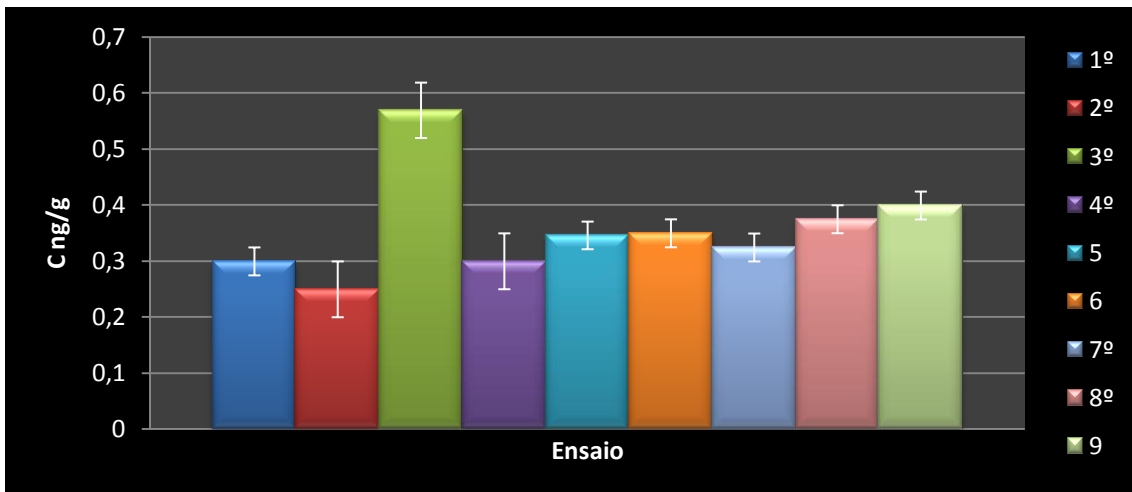


Figura 50 - Concentração de Germânio 74 nos cogumelos para os diferentes ensaios com respectivo desvio padrão.

Analisando os gráficos anteriores, verifica-se que apenas o ensaio 3 está com um valor mais elevado que os restantes com cerca de 0,55ng/g estando os restantes ensaios com valores entre os 0,25 e 0,4ng/g. Como para o isótopo 72 também este tem valores para o desvio padrão algo elevados.

No gráfico 51 apresenta-se a comparação dos diferentes valores de concentração para os isótopos nos diferentes ensaios.

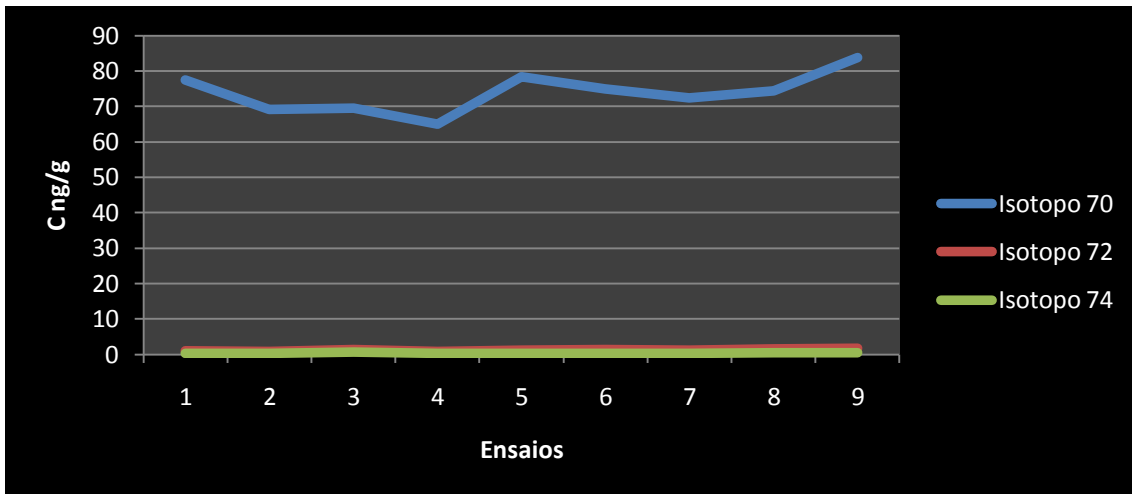


Figura 51 - Comparação das concentrações dos Isótopos nos diferentes ensaios nos Cogumelos.

Verifica-se pelo gráfico anterior que a concentração do isótopo 70 relativamente aos restantes é muito superior.

No gráfico 52 apresenta-se o contributo de cada isótopo para a concentração total de Germânio nos cogumelos, sendo esta de 75,48ng/g.

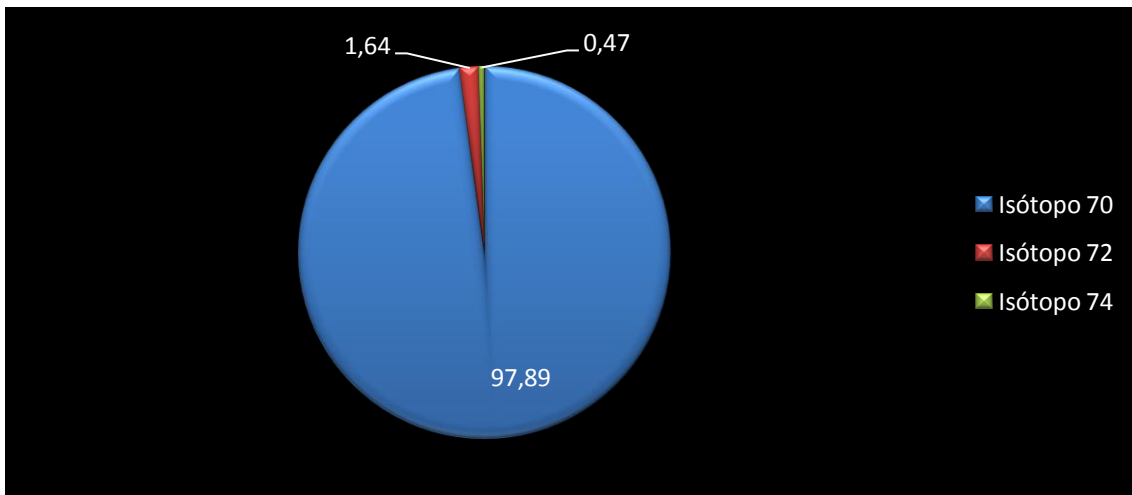


Figura 52 - Percentagem de cada Isótopo na concentração total de Germânio nos Cogumelos.

Verifica-se pela análise do gráfico que o isótopo 70 tem um contributo de 97,89% para a concentração total de Germânio ficando os outros dois isótopos com uma pequena fatia de cerca de 2%.

### 3.8 - Análise de germânio no aloé vera

Nos gráficos 53 e 54, apresentam-se os valores de concentração em ppb (na solução amostra) e ng/g (no aloé vera) do isótopo 70 presente no aloé vera.

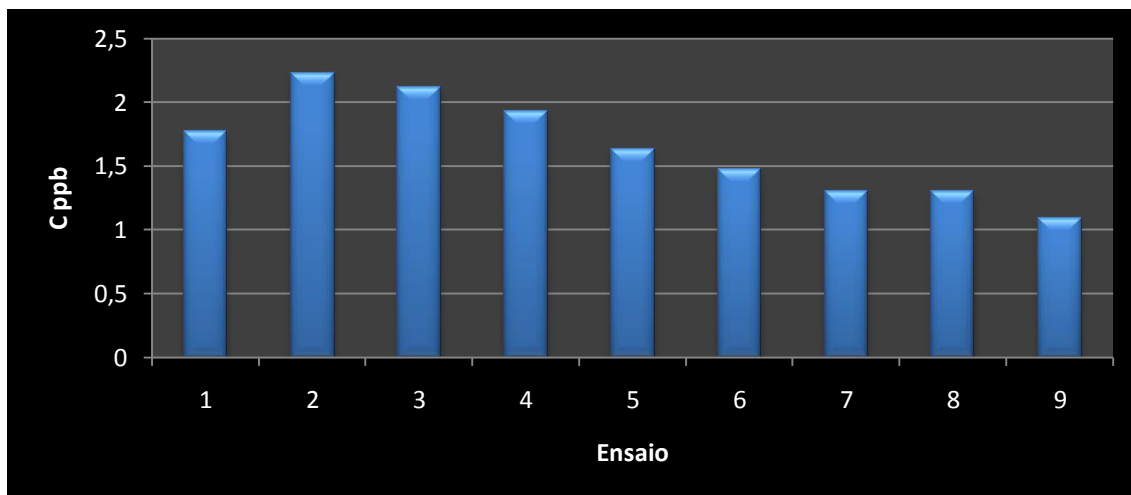


Figura 53 - Concentração de Germânio 70 na solução amostra do aloé vera nos diferentes ensaios.

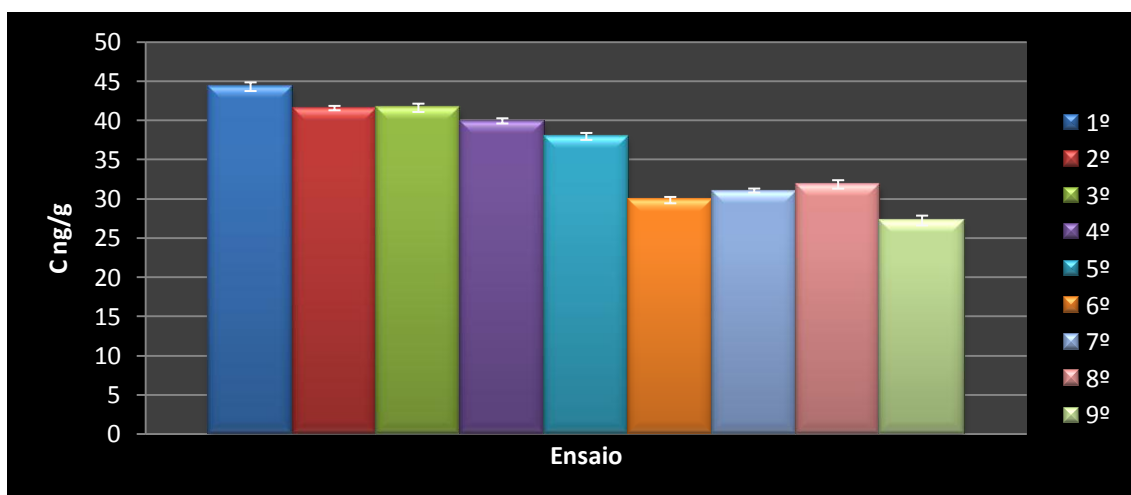


Figura 54 - Concentração de Germânio 70 no aloé vera para os diferentes ensaios com respectivo desvio padrão.

Analisando os gráficos verifica-se que existe uma coerência nos cinco primeiros ensaios e também nos restantes quatro, sendo que os cinco primeiros têm um valor médio a rondar os 40ng/g e os quatro seguintes um valor a rondar os 30ng/g. Relativamente ao desvio padrão este é praticamente nulo em todos os ensaios.

Nos gráficos 55 e 56 estão representados os valores de concentração para o isótopo 72 presente em cada ensaio.

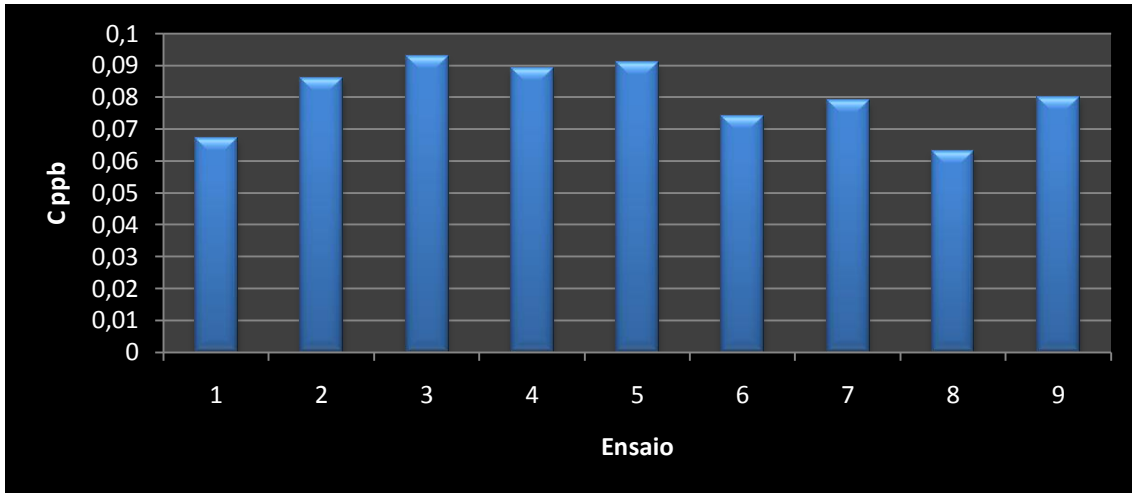


Figura 55 - Concentração de Germânio 72 na solução amostra do aloé vera nos diferentes ensaios.

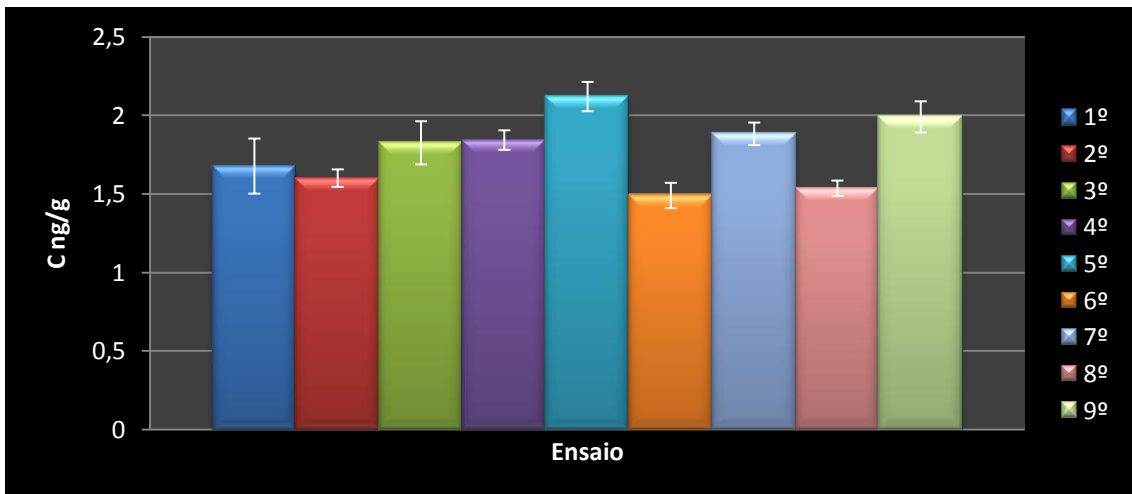


Figura 56 - Concentração de Germânio 72 no aloé vera para os diferentes ensaios com respectivo desvio padrão.

Analisando os gráficos referentes ao isótopo 72 pode-se concluir que o valor mais alto de concentração foi obtido no ensaio 5 com cerca de 2,25ng/g estando os restantes ensaios com valores muito próximos 1,75ng/g. Neste ensaios e ao contrário do que aconteceu no isótopo 70 o desvio padrão associado a cada ensaio é relativamente elevado.

Nos gráficos 57 e 58 apresentam-se os valores de concentração para o isótopo 74.

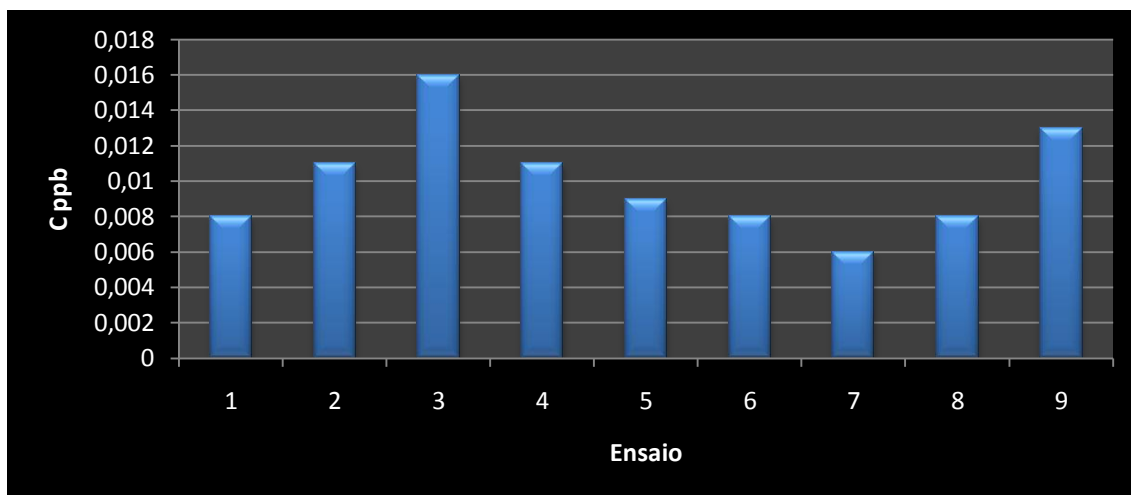


Figura 57 - Concentração de Germânio 74 na solução amostra do aloé vera nos diferentes ensaios.

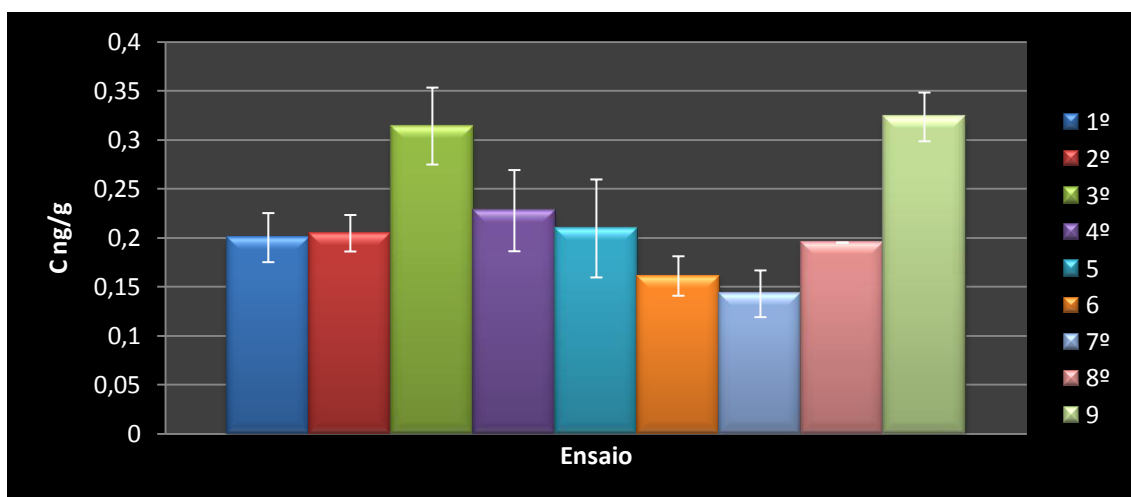


Figura 58 - Concentração de Germânio 74 no aloé vera para os diferentes ensaios com respectivo desvio padrão.

Analisando os gráficos anteriores referentes ao isótopo 74, pode-se concluir que existe uma grande discrepância de valores nos diferentes ensaios. Estando os ensaios 3 e 9 com valores de concentração bastantes mais elevados em relação aos restantes com cerca de 0,32ng/g. Relativamente ao desvio padrão este apresenta valores muito elevados para todos os ensaios, como tal pode-se concluir que ao longo das medições existiram perturbações.

No gráfico 59 apresenta-se a comparação entre os diferentes isótopos em cada ensaio.

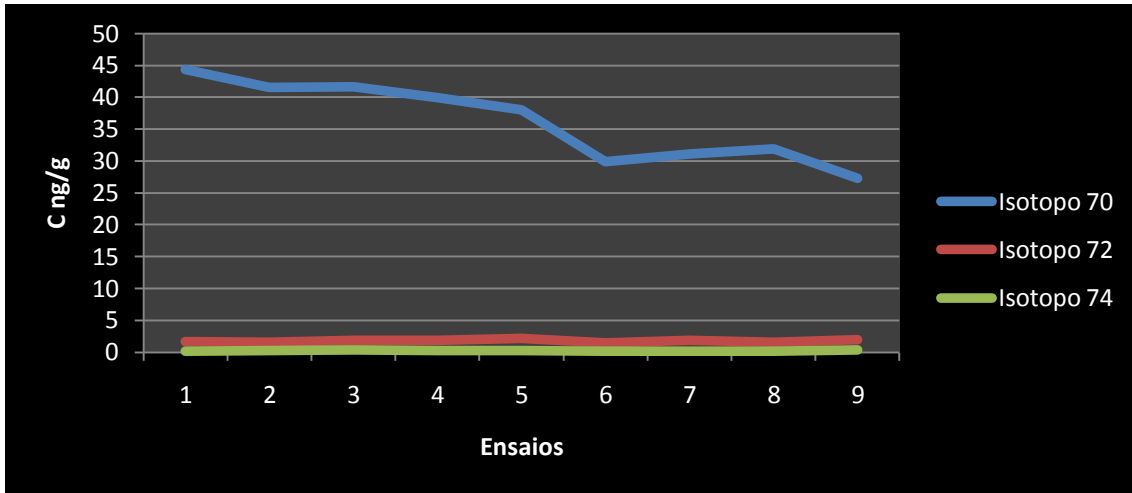


Figura 59 - Comparação das concentrações dos Isótopos nos diferentes ensaios no Aloé Vera

Analisando o gráfico pode-se concluir, que como em todos os alimentos em todos os ensaios o isótopo 70 têm sempre maior concentração seguido dos isótopos 72 e 74.

No gráfico 60 apresenta-se a contribuição de cada isótopo na concentração total de Germânio no aloé vera, sendo esta de 38,16ng/g.

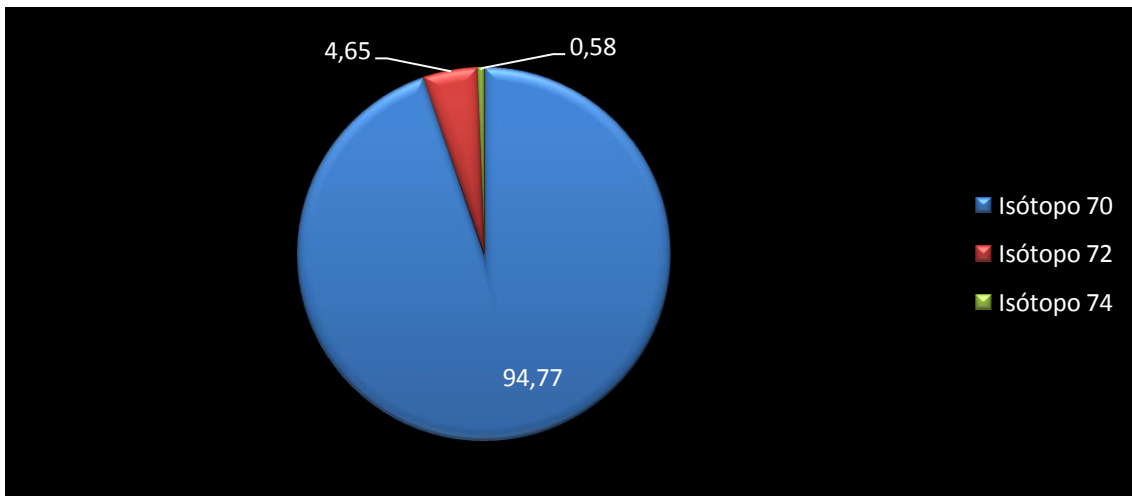


Figura 60 - Percentagem de cada Isótopo na concentração total de Germânio no Aloé Vera.

Analisando o gráfico verifica-se que como em todos os alimentos anteriores que a maior contribuição na concentração total de Germânio é do isótopo 70 com 94,77% seguindo-se o isótopo 72 com 4,65% e por último o isótopo 74 com 0,58%.

### 3.9 - Comparação dos resultados para os diferentes alimentos

#### 3.9.1 - Isótopos

Na tabela 2 e no gráfico 61 apresentam-se a comparação das concentrações para o isótopo 70 nos diferentes alimentos.

Tabela 3 – Valores de concentração com o respectivos desvio padrão e erro para o Germânio 70 em cada alimento.

Alimento	Concentração (ng/g)	Desvio Padrão (ng/g)	RSD (%) *
Alho	148,4	1,251	0,843
Aloé Vera	36,16	0,440	1,216
Cogumelos	73,89	0,807	1,093
Espargos	84,02	0,639	0,761
Gengibre	59,03	0,500	0,846
Ginseng	227,3	2,687	1,182
Rabanete	20,54	0,250	1,217

\* Desvio padrão relativo

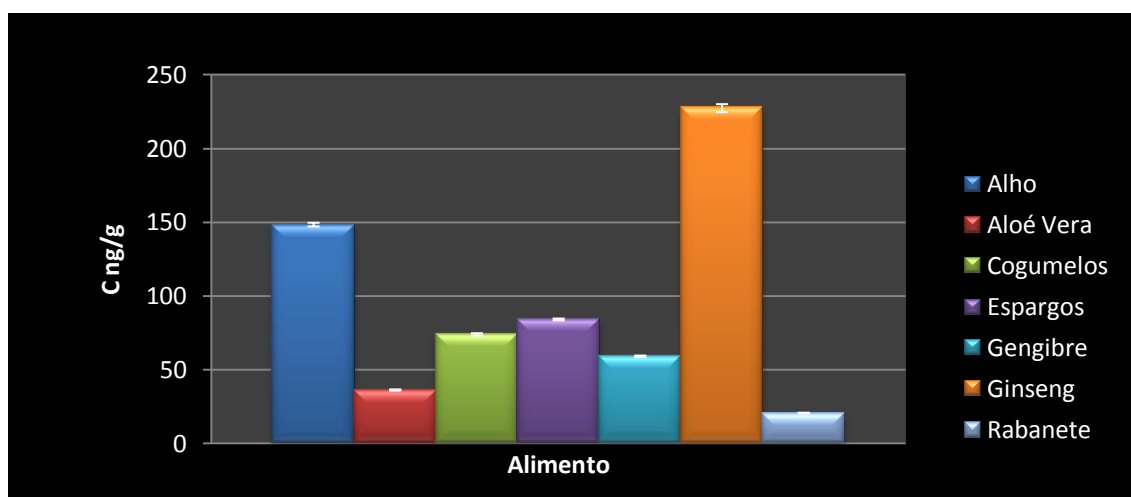


Figura 61 - Comparação dos valores de concentração obtidos para o Germânio 70 nos diferentes alimentos.

Analisando o gráfico anterior verifica-se que a concentração mais elevada de Germânio 70 foi encontrada no Ginseng (227,3 ng/g), em contrapartida o alimento que apresenta a concentração mais baixa deste isótopo é o rabanete (20,54 ng/g). Relativamente ao desvio padrão para este isótopo nos diferentes alimentos os valores foram sempre muito baixos. Relativamente ao erro associado a cada alimento verifica-se que em todos os alimentos o valor do desvio padrão relativo não passa dos 1,5%, com isto conclui-se que os ensaios realizados para este isótopo foram muito bons.

Na tabela 3 e no gráfico 62 apresentam-se a comparação dos resultados obtidos para o isótopo 72 no presente trabalho.

Tabela 4 - Valores de concentração com o respectivos desvio padrão e erro para o Germânio 72 em cada alimento.

Alimento	Concentração (ng/g)	Desvio Padrão (ng/g)	RSD%
Alho	3,196	0,116	3,631
Aloé Vera	1,774	0,092	5,162
Cogumelos	1,236	0,091	7,388
Espargos	1,547	0,075	4,825
Gengibre	9,395	0,247	2,628
Ginseng	14,47	0,527	3,642
Rabanete	1,218	0,054	4,447

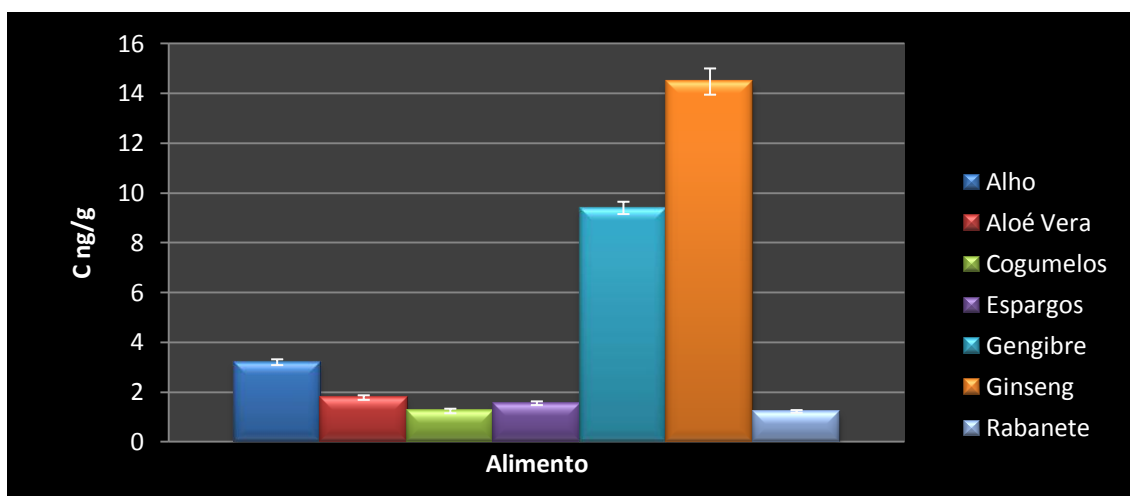


Figura 62 - Comparação de Valores de concentração obtidos para o Germânio 72 nos diferentes alimentos.

Analisando os resultados obtidos para o isótopo 72 nos diferentes alimentos, pode-se concluir que a maior concentração do isótopo 72 encontra-se no ginseng com 14,47ng/g, seguindo-se o gengibre com 9,4ng/g. Os restantes alimentos apresentam uma concentração muito próxima dos 2ng/g. Relativamente ao desvio padrão este é muito baixo excepto no ginseng que com base na sua concentração apresenta um valor algo elevado de 0,53ng/g. Analisando o erro associado a estes ensaios pode-se concluir que como todos os valores estão abaixo dos 10% considera-se que os ensaios foram bastantes aceitáveis.

Na tabela 4 e no gráfico 63 apresentam-se os valores obtidos para o isótopo 74 nos diferentes alimentos.

Tabela 5 - Valores de concentração com o respectivos desvio padrão e erro para o Germânio 74 em cada Alimento.

Alimento	Concentração (ng/g)	Desvio Padrão (ng/g)	RSD%
Alho	1,015	0,036	3,542
Aloé Vera	0,220	0,024	10,94
Cogumelos	0,357	0,033	9,305
Espargos	0,218	0,018	8,161
Gengibre	0,451	0,027	6,016
Ginseng	1,138	0,063	5,544
Rabanete	0,090	0,016	18,31

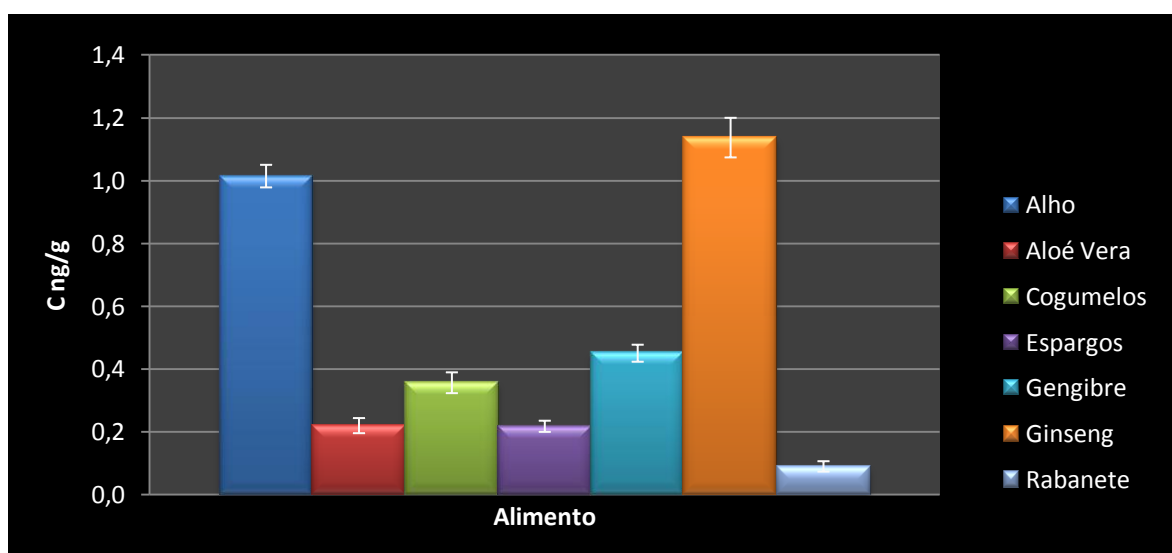


Figura 63 - Comparação de Valores de concentração obtidos para o Germânio 74 nos diferentes alimentos.

Analisando o gráfico conclui-se que existe maior concentração de isótopo 74 no alho e no ginseng, com 1,015 e 1,138ng/g respectivamente, estando os outros alimentos excepto o rabanete com concentrações próxima das 0,3ng/g. O rabanete é os alimentos que contem menos concentração deste isótopo com 0,090ng/g. Relativamente ao desvio padrão este foi relativamente baixo em todos os alimentos exceptuando o ginseng este com um valor um poço mais alto. Relativamente ao erro associado a cada alimento podemos que os ensaios correram bastante bem tirando os ensaios dos alimentos aloé vera e rabanete. No caso do aloé vera os valores podem ser considerados validos pois o valor é muito próximo dos 10%. Já em relação ao rabanete dado que o valor do erro associado foi de 18,313%, podemos considerar que o método de análise usado não foi o melhor pois os valores obtidos na concentração

do isótopo 74 no rabanete eram todos muito próximos do limite de detecção, inclusive devido a este factor foram eliminados dois ensaios. De modo a combater estas dificuldades de análise em trabalhos futuros podemos usar o método da adição padrão sabendo assim que não há problema com o limite de detecção.

### 3.9.2 - Concentração total

Na tabela 5 e gráfico 64 apresentam-se a comparação dos valores de concentração totais de Germânio presente em cada alimento.

Tabela 6 – Valores obtidos para a concentração de Germânio nos diferentes alimentos.

Alimento	Concentração (ng/g)
Alho	152,6
Aloé Vera	38,16
Cogumelos	75,48
Espargos	85,78
Gengibre	68,88
Ginseng	243,0
Rabanete	21,85

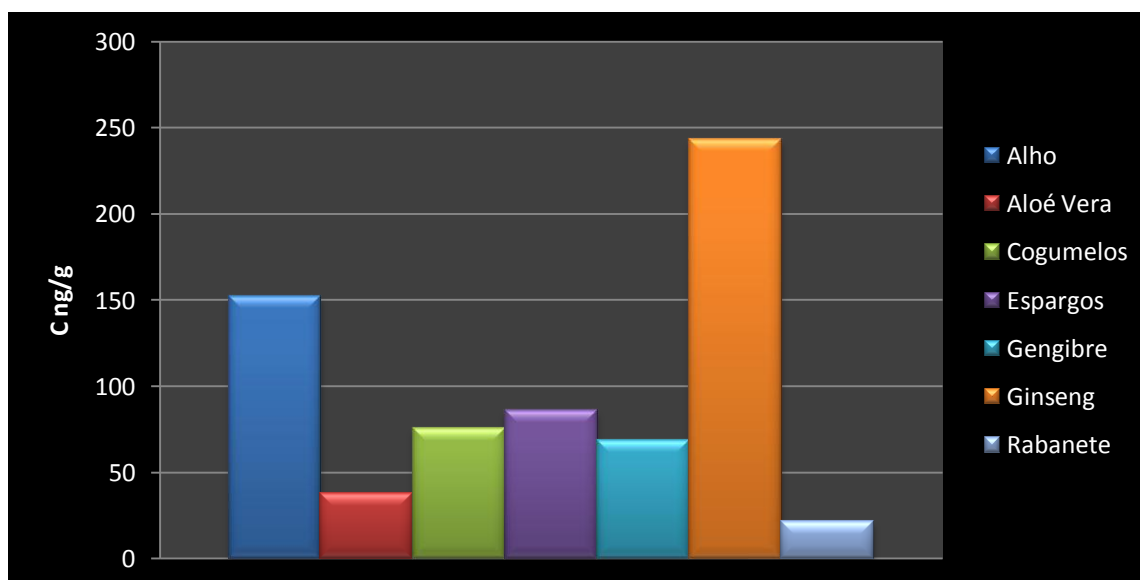


Figura 64 - Concentração total de Germânio nos diferentes Alimentos

Ao analisar o gráfico pode-se concluir que o alimento que contém a concentração mais elevada de germânio é o ginseng (243,0 ng/g), seguindo-se do alho com 152,6 ng/g. Os cogumelos, espargos e gengibre apresentam concentrações muito próximas, de cerca de 75 ng/g. Já o aloé vera e o rabanete são os alimentos que contêm uma concentração de Germânio menor: 38,16 e 21,85ng/g, respectivamente.

Não existindo nenhuma legislação disponível acerca da concentração limite permitida, quer nos solos quer nos alimentos, fez-se uma comparação de alguns dos resultados obtidos com um trabalho já existente [3] (Tabela 6).

Tabela 7 - Comparação dos resultados obtidos com literatura encontrada.

<b>Alimento</b>	<b>Presente trabalho Concentração (ng/g)</b>	<b>Resultados literatura Concentração (ng/g)</b>
<b>Alho</b>	152,6	2780
<b>Aloé Vera</b>	38,16	-
<b>Comprimido De Aloé Vera</b>	-	20830
<b>Gengibre</b>	68,88	-
<b>Comprimido de Gengibre</b>	-	9960
<b>Ginseng</b>	243,0	380
<b>Comprimido De Ginseng</b>	-	5480

Ao analisar a tabela pode-se concluir que para o alho o valor obtido experimentalmente é bastante mais baixo em relação ao encontrado na literatura. Esta diferença pode ser explicada pela origem dos alimentos em questão uma vez que a concentração de Germânio no alimento depende da sua quantidade existente no solo. Em relação ao ginseng o valor obtido experimentalmente é um pouco mais baixo também mas sendo da mesma ordem de grandeza como tal pode-se concluir que ambos os alhos têm propriedades semelhantes.

## 4 - Conclusão

Com a realização deste trabalho pode-se concluir que, dos alimentos em análise, aquele que contem a maior concentração de Germânio foi o ginseng com 243,0 ng/g, por sua vez aquele que apresentou menor concentração total de Germânio foi o rabanete com 21,85 ng/g. Posto isto, para se ter todos os benéficos deste elemento deve-se seguir uma dieta rica em ginseng e alho, este último mais abundante e mais usado na nossa alimentação.

Para trabalhos futuros podem ser estudados outros elementos na constituição dos alimentos estudados no presente trabalho, bem como fazer distinção no tipo de amostra, ou seja preparar a amostra unicamente com casca dos alimentos, outras com apenas o miolo e outras com uma mistura das duas. Tendo em conta os elementos estudados podem ser também usados outros métodos de análise.

## Bibliografia

- [1]THOMAS, R. (2001). A Beginner's Guide to ICP-MS.
- [2]Zaijun, L., T. Jian, et al. (2006). "Determination of trace amounts of germanium in food and fruit by spectrophotometry with p-methybenzeneazosalicylflurone."
- [3]McMahon, M., F. Regan, et al. (2005). "The determination of total germanium in real food samples including Chinese herbal remedies using graphite furnace atomic absorption spectroscopy."
- [4]Zaijun, L., P. Jiaomai, et al. (2001). "Spectrophotometric method for determination of germanium in foods with new color reagent trimethoxyphenylfluorone."
- [5]Shi, J. and K. Jiao (1994). "Adsorptive complex catalytic polarographic determination of germanium in soils and vegetables."
- [6]<http://herramientas.educa.madrid.org/tabla/7isotopos/ge7.html> (acedido: 27 de Março de 2010).
- [7]<http://profateodoro.no.sapo.pt/TS2/mod13.pdf>. (acedido: 27 de Março 2010)
- [8]<http://minerals.cr.usgs.gov/icpms/intro.html>. (acedido: 27 de Março 2010)
- [9]<http://www.healthvitaminsguide.com/minerals/germanium.htm>. (acedido: 14 de Abril 2010)
- [10]<http://www.oligopharma.com.br/oligoelementos/germanio.htm>. (acedido: 14 de Abril 2010)

# Anexos

## Anexo A – Curvas de Calibração

Alho

Isótopo 70

Tabela 8 – Valores obtidos no ICP-MS para a curva de calibração para os três primeiros ensaios do alho para o Germânio 70.

Label	Defined	Measured	Error	Mean CPS	% Error
Blank	0	0	0	85,67	0
5ppb	5	4,551	0,449	38796,31	8,98
10ppb	10	9,069	0,931	77227,64	9,31
25ppb	25	0,279	24,721	2455,13	98,89
50ppb	50	49,495	0,505	421073,06	1,01
100ppb	100	100,368	0,368	853784,65	0,37

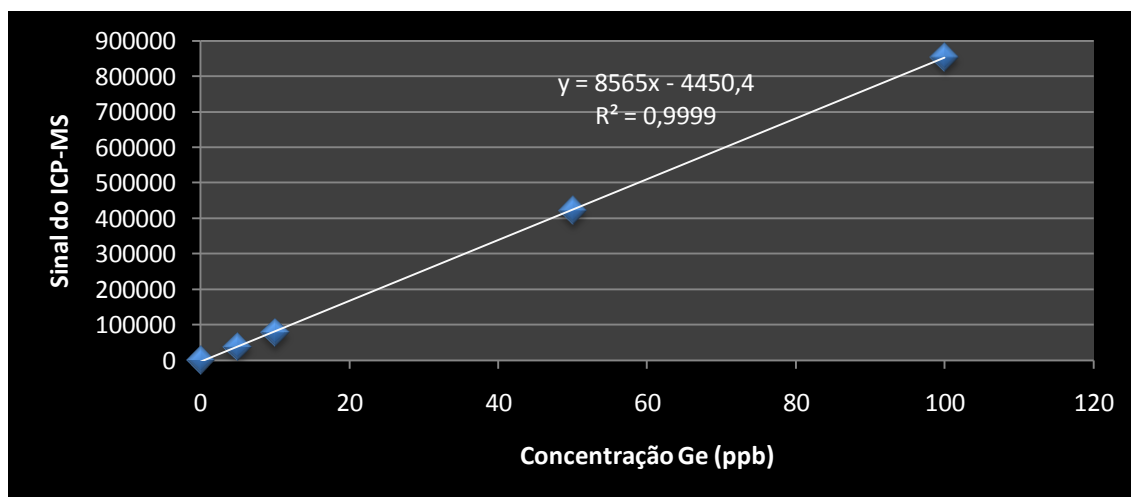


Figura 65 - Curva de calibração para os três primeiros ensaios com alho para o Germânio 70.

Tabela 9 - Valores obtidos no ICP-MS para a curva de calibração para os restantes ensaios do alho para o Germânio 70.

Label	Defined	Measured	Error	Mean CPS	% Error
Cal BL	0	0	0	158,4	0
1ppb	1	1,068	0,068	7660,03	6,78
5ppb	5	4,997	0,003	35265,27	0,05
10ppb	10	10,038	0,038	70677,69	0,38
25ppb	25	24,983	0,017	175662,34	0,07

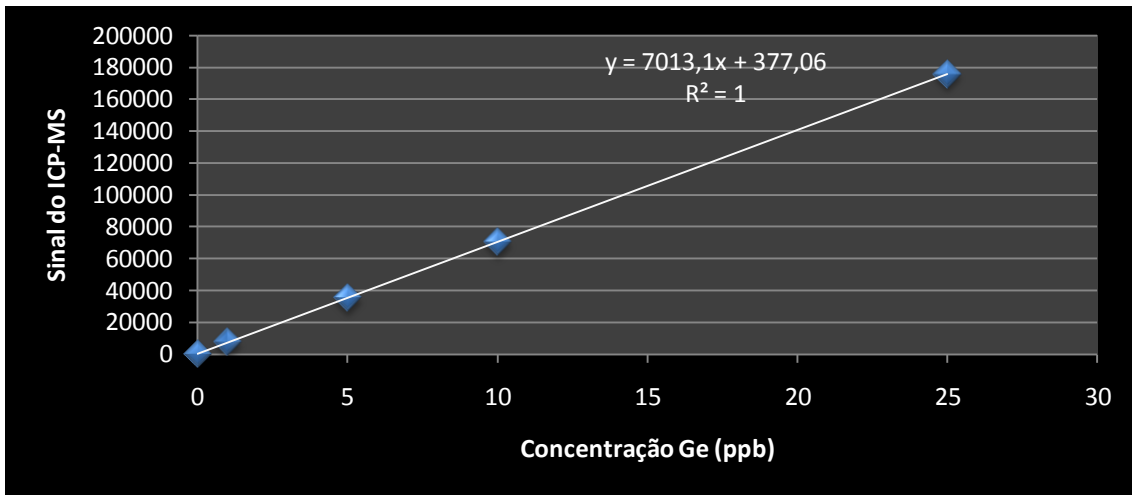


Figura 66 – Curva de calibração para os restantes ensaios com alho para o Germânio 70.

### Isótopo 72

Tabela 10 - Valores obtidos no ICP-MS para a curva de calibração para os três primeiros ensaios do alho para o Germânio 72.

Label	Defined	Measured	Error	Mean CPS	% Error
Blank	0	0	0	195	0
5ppb	5	4,471	0,529	54752,03	10,57
10ppb	10	8,962	1,038	109545,26	10,38
<b>25ppb</b>	<b>25</b>	<b>0,223</b>	<b>24,777</b>	<b>2916,27</b>	<b>99,11</b>
50ppb	50	49,306	0,694	601789,36	1,39
100ppb	100	100,477	0,477	1226154,97	0,48

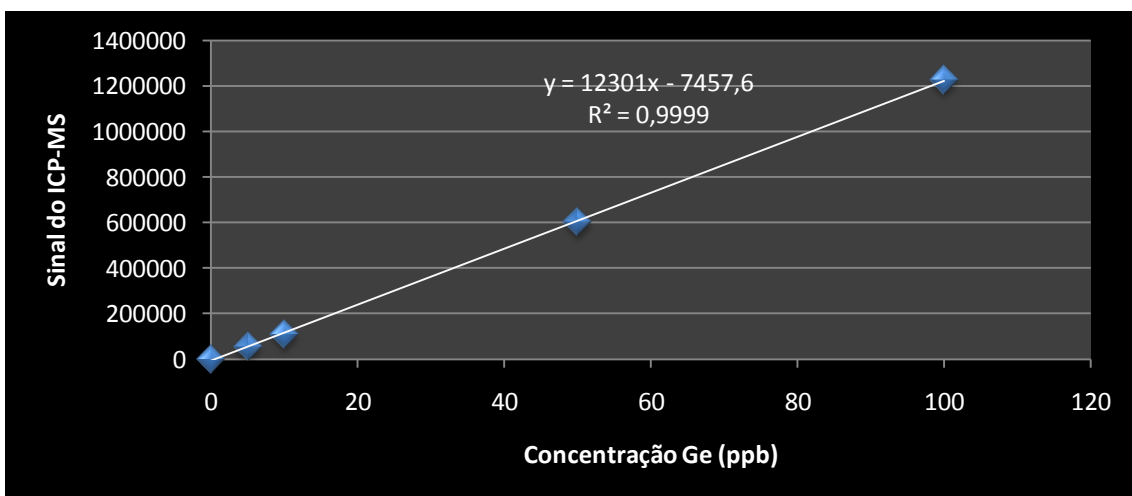


Figura 67 – Curva de calibração para os três primeiros ensaios com alho para o Germânio 72.

Tabela 11 - Valores obtidos no ICP-MS para a curva de calibração para os restantes ensaios do alho para o Germânio 72.

Label	Defined	Measured	Error	Mean CPS	% Error
Cal BL	0	0	0	138,8	0
1ppb	1	1,007	0,007	10235,16	0,73
5ppb	5	4,978	0,022	50036,93	0,43
10ppb	10	9,994	0,006	100308,19	0,06
25ppb	25	25,006	0,006	250775,22	0,03

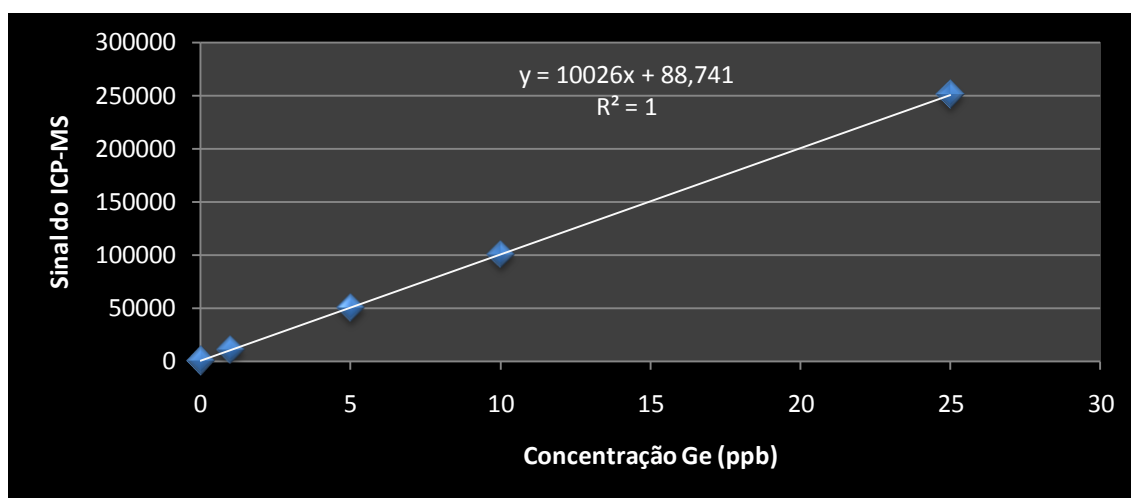


Figura 68 – Curva de calibração para os restantes ensaios com alho para o Germânio 72

#### Isótopo 74

Tabela 12 - Valores obtidos no ICP-MS para a curva de calibração para os três primeiros ensaios do alho para o Germânio 74.

Label	Defined	Measured	Error	Mean CPS	% Error
Blank	0	0	0	83,33	0
5ppb	5	4,434	0,566	77123,22	11,32
10ppb	10	8,876	1,124	154296,21	11,24
25ppb	25	0,219	24,781	3886,03	99,12
50ppb	50	49,164	0,836	854259,99	1,67
100ppb	100	100,559	0,559	1747191,31	0,56

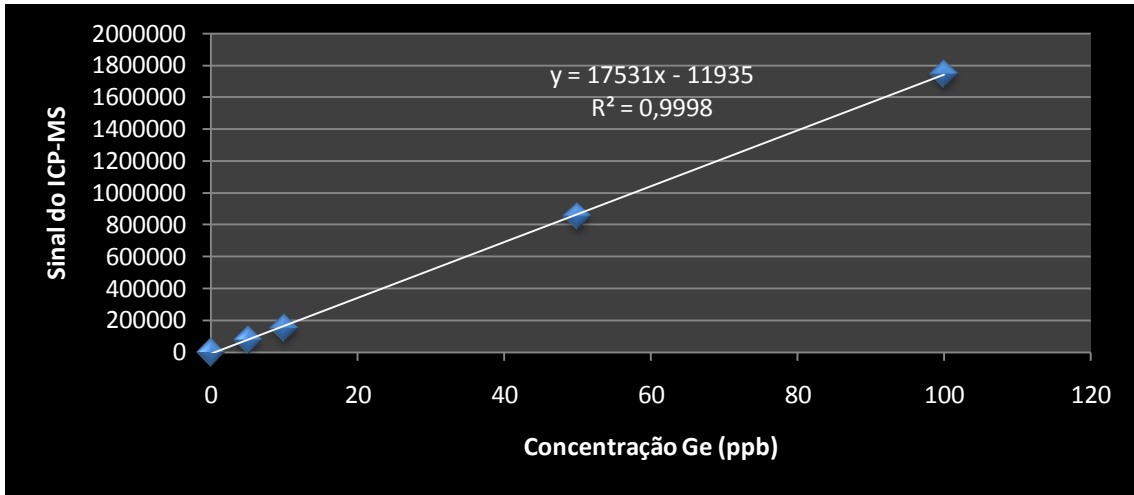


Figura 69 – Curva de calibração para os três primeiros ensaios com alho para o Germânio 74.

Tabela 13 - Valores obtidos no ICP-MS para a curva de calibração para os restantes ensaios do alho para o Germânio 74.

Label	Defined	Measured	Error	Mean CPS	% Error
Cal BL	0	0	0	37	0
1ppb	1	1,002	0,002	14321,74	0,25
5ppb	5	4,987	0,013	71103,19	0,25
10ppb	10	9,954	0,046	141871,07	0,46
25ppb	25	25,021	0,021	356572,26	0,08

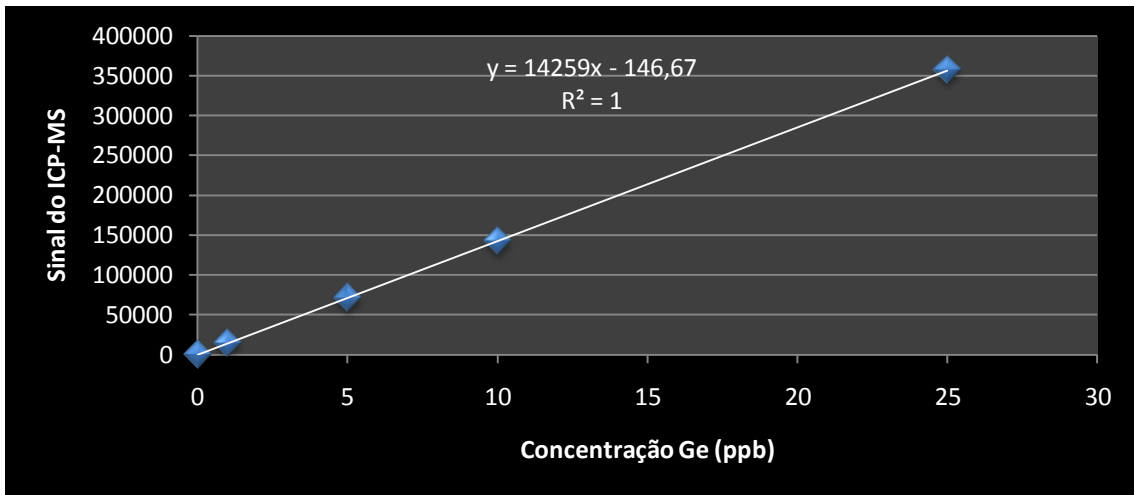


Figura 70 - Curva de calibração para os restantes ensaios com alho para o Germânio 74

## Aloé Vera

### Isótopo 70

Tabela 14 - Valores obtidos no ICP-MS para a curva de calibração para os ensaios do aloé vera para o Germânio 70.

Label	Defined	Measured	Error	Mean CPS	% Error
Cal BL	0	0	0	57,8	0
1ppb	1	1,167	0,167	6541,69	16,72
5ppb	5	5,588	0,588	31101,32	11,77
10ppb	10	9,808	0,192	54542,54	1,92
25ppb	25	24,952	0,048	138666,3	0,19

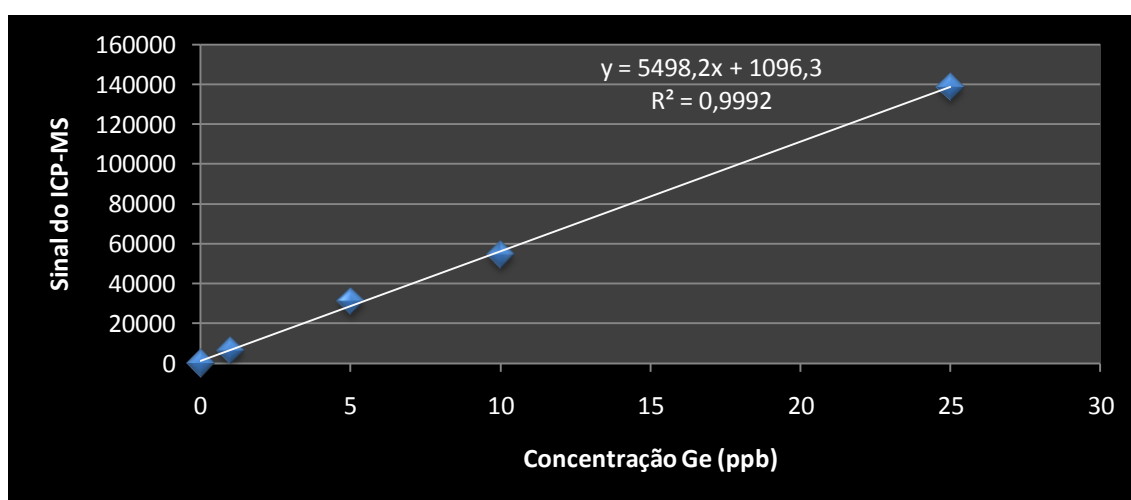


Figura 71 – Curva de calibração para os ensaios com aloé vera para o Germânio 70.

### Isótopo 72

Tabela 15 - Valores obtidos no ICP-MS para a curva de calibração para os ensaios do aloé vera para o Germânio 72.

Label	Defined	Measured	Error	Mean CPS	% Error
Cal BL	0	0	0	144	0
1ppb	1	1,05	0,05	8441,39	4,96
5ppb	5	5,513	0,513	43725,92	10,26
10ppb	10	9,764	0,236	77328,9	2,36
25ppb	25	24,99	0,01	197691,86	0,04

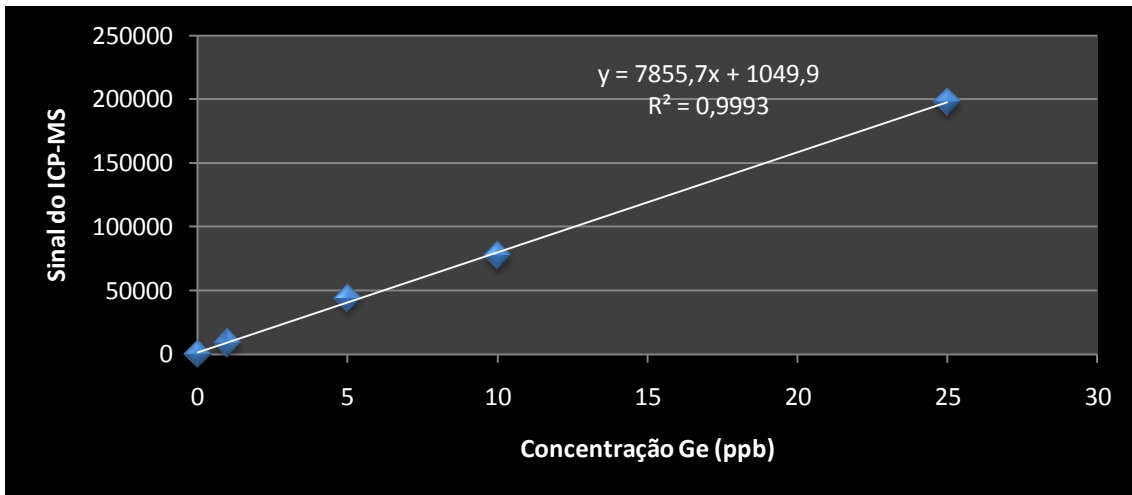


Figura 72 – Curva de calibração para os ensaios com aloé vera para o Germânio 72.

### Isótopo 74

Tabela 16 - Valores obtidos no ICP-MS para a curva de calibração para os ensaios do aloé vera para o Germânio 74.

Label	Defined	Measured	Error	Mean CPS	% Error
Cal BL	0	0	0	13	0
1ppb	1	1,051	0,051	11862,67	5,12
5ppb	5	5,515	0,515	62181,97	10,3
10ppb	10	9,729	0,271	109690,4	2,71
25ppb	25	25,003	0,003	281876	0,01

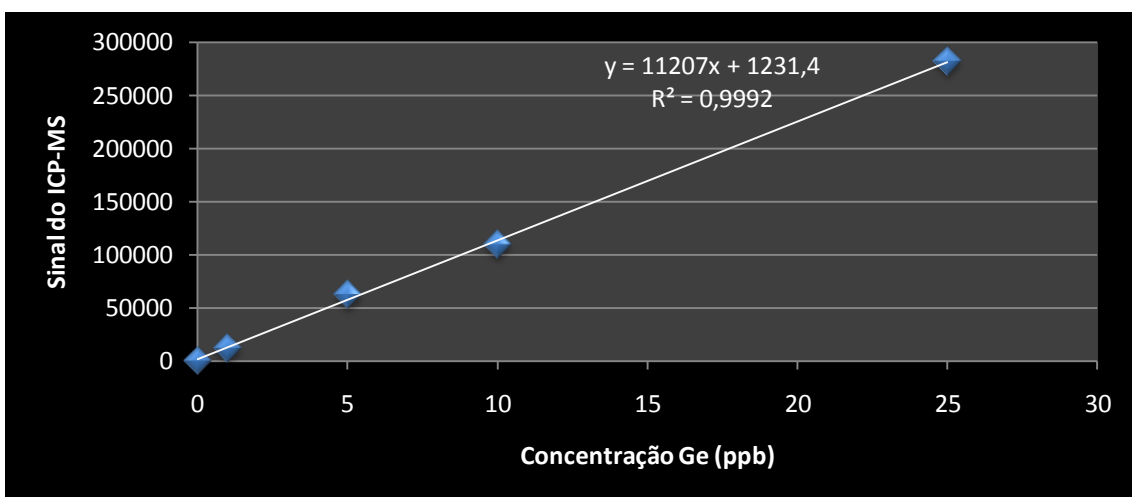


Figura 73 – Curva de calibração para os ensaios com aloé vera para o Germânio 74.

## Cogumelos

### Isótopo 70

Tabela 17 - Valores obtidos no ICP-MS para a curva de calibração para os ensaios com cogumelos para o Germânio 70

Label	Defined	Measured	Error	Mean CPS	% Error
Cal BL	0	0	0	57,8	0
1ppb	1	1,167	0,167	6541,69	16,72
5ppb	5	5,588	0,588	31101,32	11,77
10ppb	10	9,808	0,192	54542,54	1,92
25ppb	25	24,952	0,048	138666,3	0,19

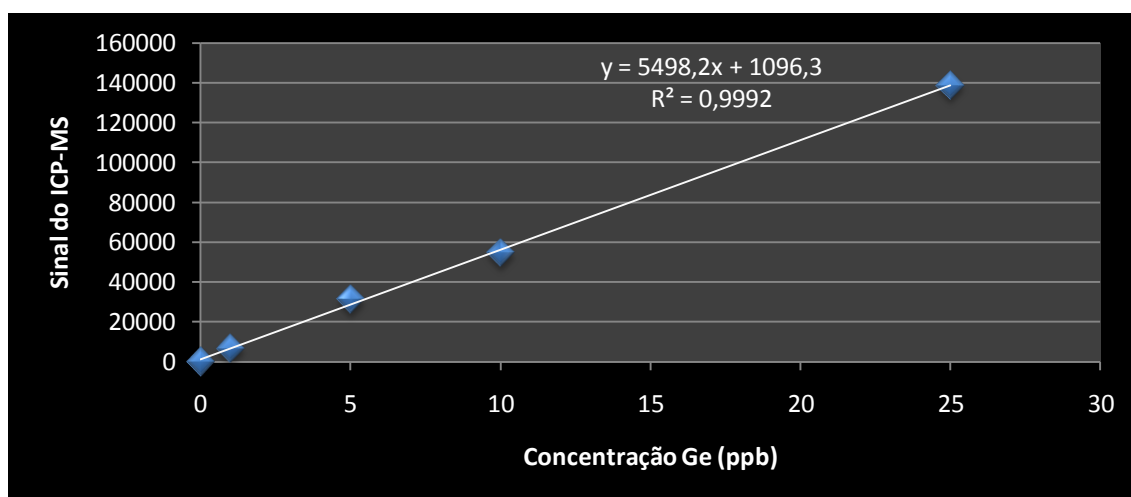


Figura 74 – Curva de calibração para os ensaios com cogumelos para o Germânio 70.

### Isótopo 72

Tabela 18 - Valores obtidos no ICP-MS para a curva de calibração para os ensaios com cogumelos para o Germânio 72

Label	Defined	Measured	Error	Mean CPS	% Error
Cal BL	0	0	0	144	0
1ppb	1	1,05	0,05	8441,39	4,96
5ppb	5	5,513	0,513	43725,92	10,26
10ppb	10	9,764	0,236	77328,9	2,36
25ppb	25	24,99	0,01	197691,86	0,04

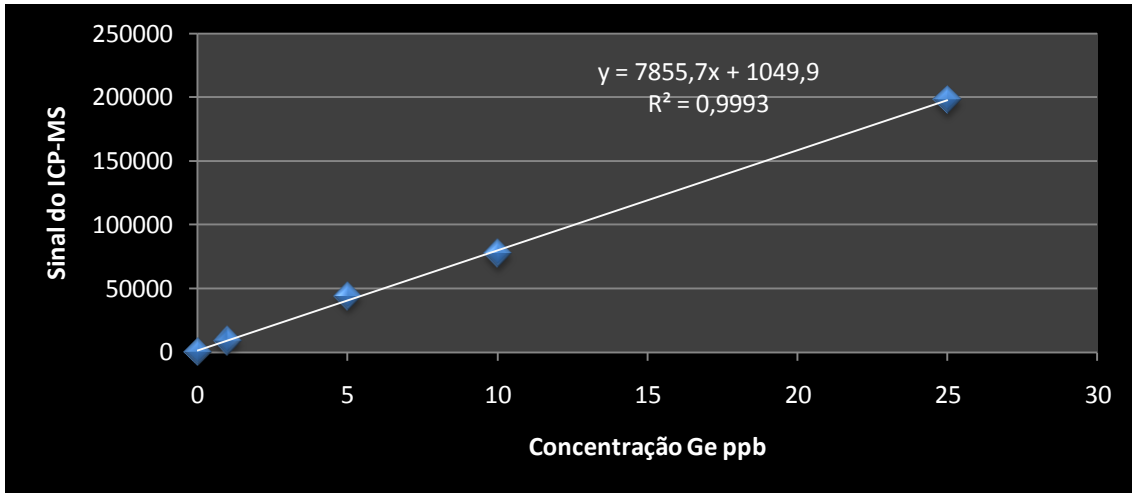


Figura 75 – Curva de calibração para os ensaios com cogumelos para o Germânio 72

Isótopo 74

Tabela 19 - Valores obtidos no ICP-MS para a curva de calibração para os ensaios com cogumelos para o Germânio 74

Label	Defined	Measured	Error	Mean CPS	% Error
Cal BL	0	0	0	13	0
1ppb	1	1,051	0,051	11862,67	5,12
5ppb	5	5,515	0,515	62181,97	10,3
10ppb	10	9,729	0,271	109690,4	2,71
25ppb	25	25,003	0,003	281876	0,01

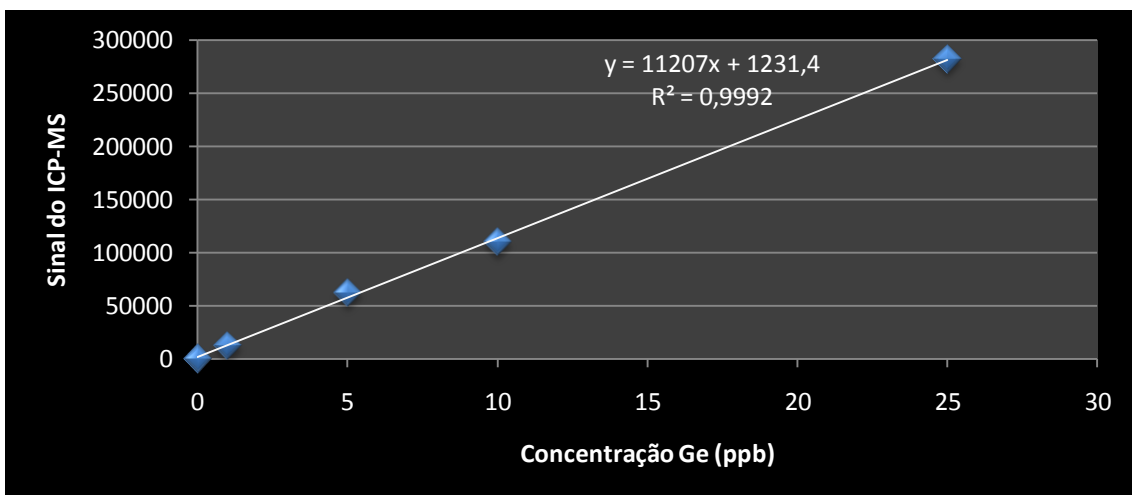


Figura 76 – Curva de calibração para os ensaios com cogumelos para o Germânio 74.

## Espargos

### Isótopo 70

Tabela 20 - Valores obtidos no ICP-MS para a curva de calibração para os ensaios com espargos para o Germânio 70.

Label	Defined	Measured	Error	Mean CPS	% Error
Cal BL	0	0	0	158,4	0
1ppb	1	1,068	0,068	7660,03	6,78
5ppb	5	4,997	0,003	35265,27	0,05
10ppb	10	10,038	0,038	70677,69	0,38
25ppb	25	24,983	0,017	175662,34	0,07

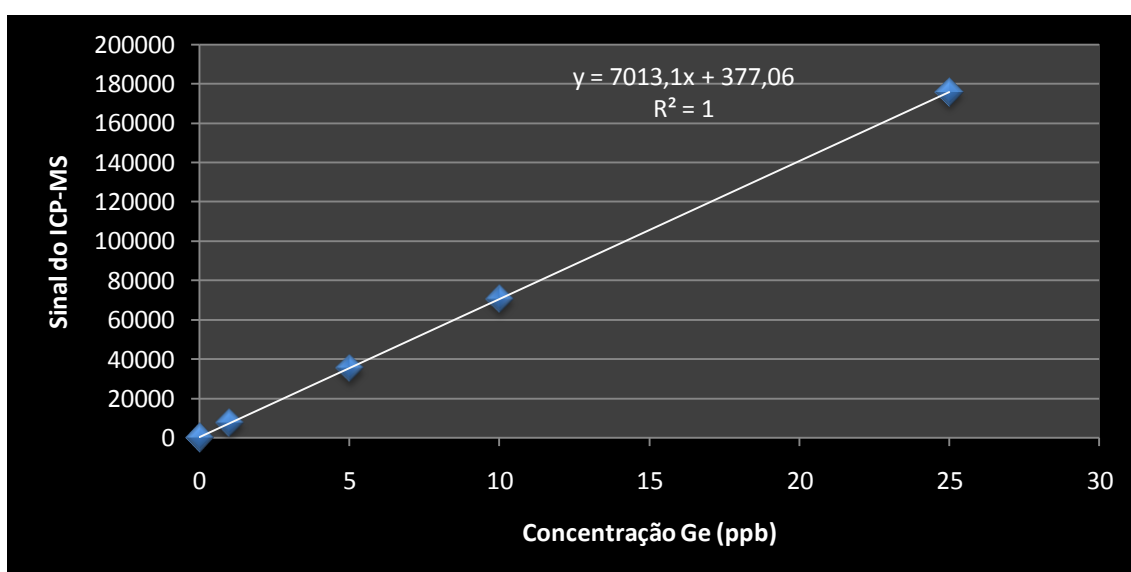


Figura 77 – Curva de calibração para os ensaios com espargos para o Germânio 70.

### Isótopo 72

Tabela 21 - Valores obtidos no ICP-MS para a curva de calibração para os ensaios com espargos para o Germânio 72.

Label	Defined	Measured	Error	Mean CPS	% Error
Cal BL	0	0	0	138,8	0
1ppb	1	1,007	0,007	10235,16	0,73
5ppb	5	4,978	0,022	50036,93	0,43
10ppb	10	9,994	0,006	100308,19	0,06
25ppb	25	25,006	0,006	250775,22	0,03

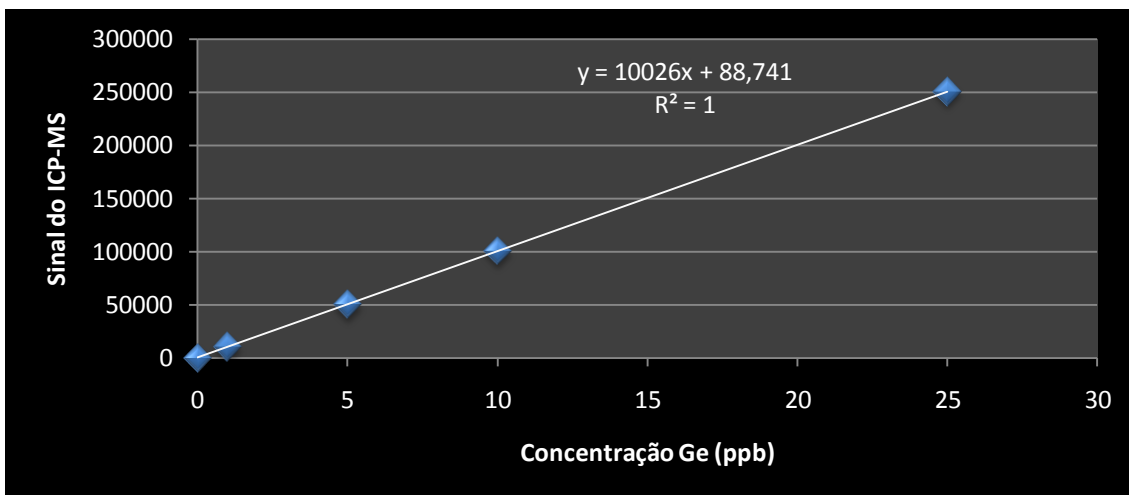


Figura 78 – Curva de calibração para os ensaios com espargos para o Germânio 72.

#### Isótopo 74

Tabela 22 - Valores obtidos no ICP-MS para a curva de calibração para os ensaios com espargos para o Germânio 74.

Label	Defined	Measured	Error	Mean CPS	% Error
Cal BL	0	0	0	37	0
1ppb	1	1,002	0,002	14321,74	0,25
5ppb	5	4,987	0,013	71103,19	0,25
10ppb	10	9,954	0,046	141871,07	0,46
25ppb	25	25,021	0,021	356572,26	0,08

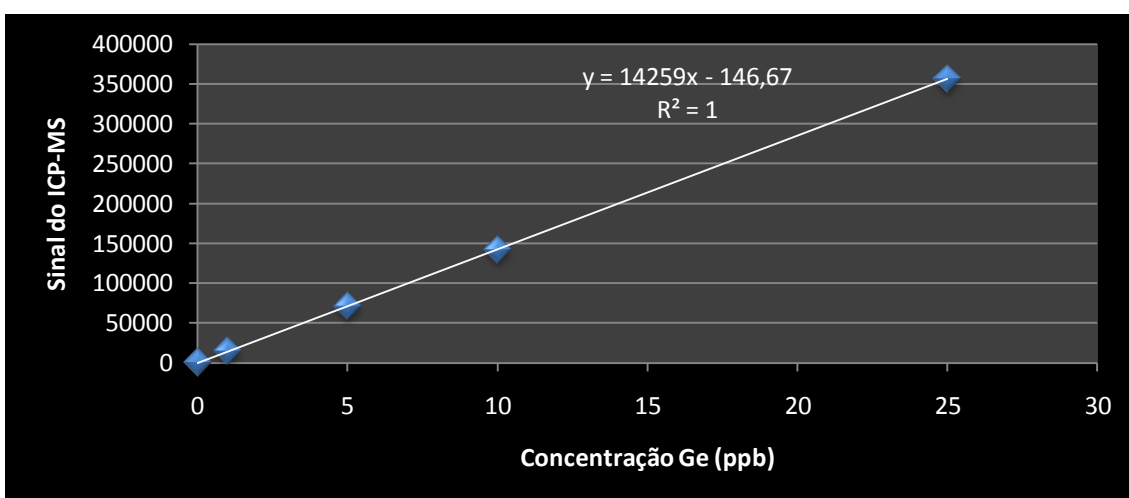


Figura 79 – Curva de calibração para os ensaios com espargos para o Germânio 74.

## Gengibre

### Isótopo 70

Tabela 23 - Valores obtidos no ICP-MS para a curva de calibração para os ensaios com gengibre para o Germânio 70.

Label	Defined	Measured	Error	Mean CPS	% Error
Cal BL	0	0	0	158,4	0
1ppb	1	1,068	0,068	7660,03	6,78
5ppb	5	4,997	0,003	35265,27	0,05
10ppb	10	10,038	0,038	70677,69	0,38
25ppb	25	24,983	0,017	175662,34	0,07

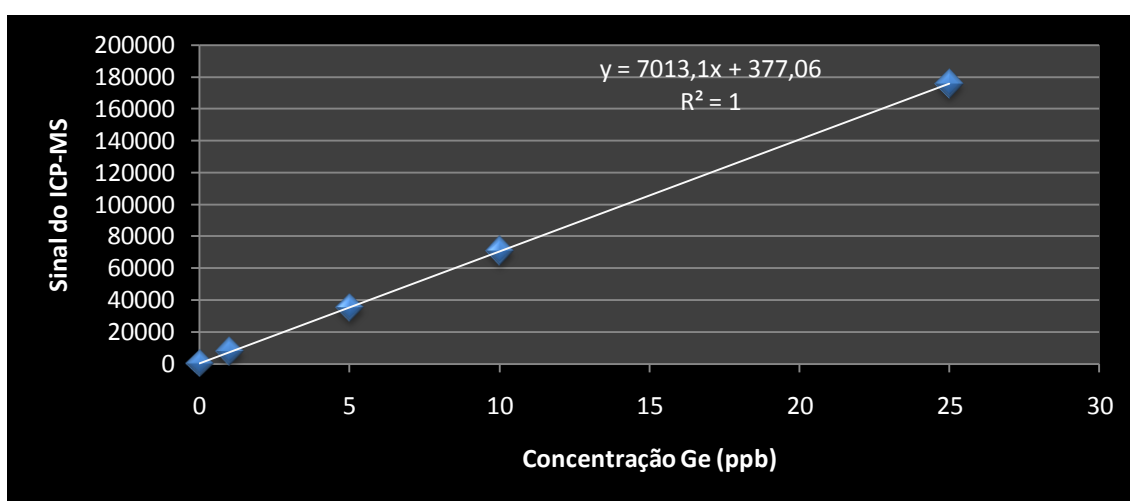


Figura 80 – Curva de calibração para os ensaios com gengibre para o Germânio 70.

### Isótopo 72

Tabela 24 - Valores obtidos no ICP-MS para a curva de calibração para os ensaios com gengibre para o Germânio 72.

Label	Defined	Measured	Error	Mean CPS	% Error
Cal BL	0	0	0	138,8	0
1ppb	1	1,007	0,007	10235,16	0,73
5ppb	5	4,978	0,022	50036,93	0,43
10ppb	10	9,994	0,006	100308,19	0,06
25ppb	25	25,006	0,006	250775,22	0,03

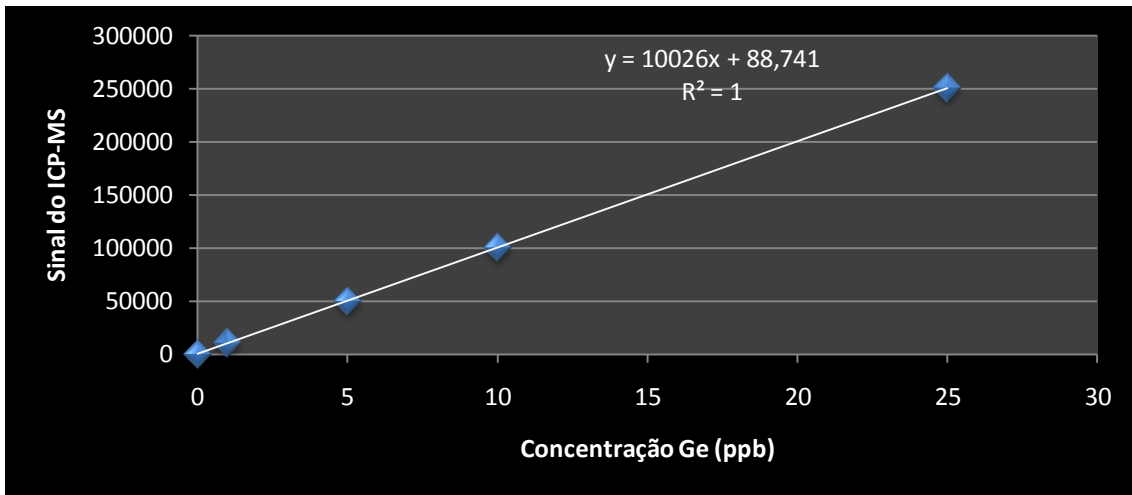


Figura 81 – Curva de calibração para os ensaios com gengibre para o Germânio 72.

#### Isótopo 74

Tabela 25 - Valores obtidos no ICP-MS para a curva de calibração para os ensaios com gengibre para o Germânio 74.

Label	Defined	Measured	Error	Mean CPS	% Error
Cal BL	0	0	0	37	0
1ppb	1	1,002	0,002	14321,74	0,25
5ppb	5	4,987	0,013	71103,19	0,25
10ppb	10	9,954	0,046	141871,07	0,46
25ppb	25	25,021	0,021	356572,26	0,08

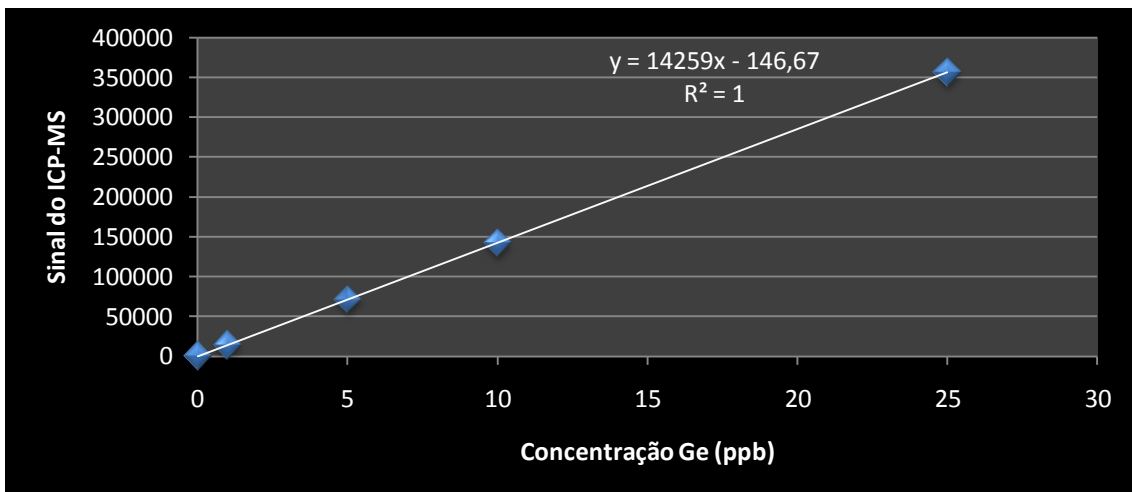


Figura 82 – Curva de calibração para os ensaios com gengibre para o Germânio 74.

## Ginseng

### Isótopo 70

Tabela 26 - Valores obtidos no ICP-MS para a curva de calibração para os ensaios com ginseng para o Germânio 70.

Label	Defined	Measured	Error	Mean CPS	% Error
Cal BL	0	0	0	57,8	0
1ppb	1	1,167	0,167	6541,69	16,72
5ppb	5	5,588	0,588	31101,32	11,77
10ppb	10	9,808	0,192	54542,54	1,92
25ppb	25	24,952	0,048	138666,3	0,19

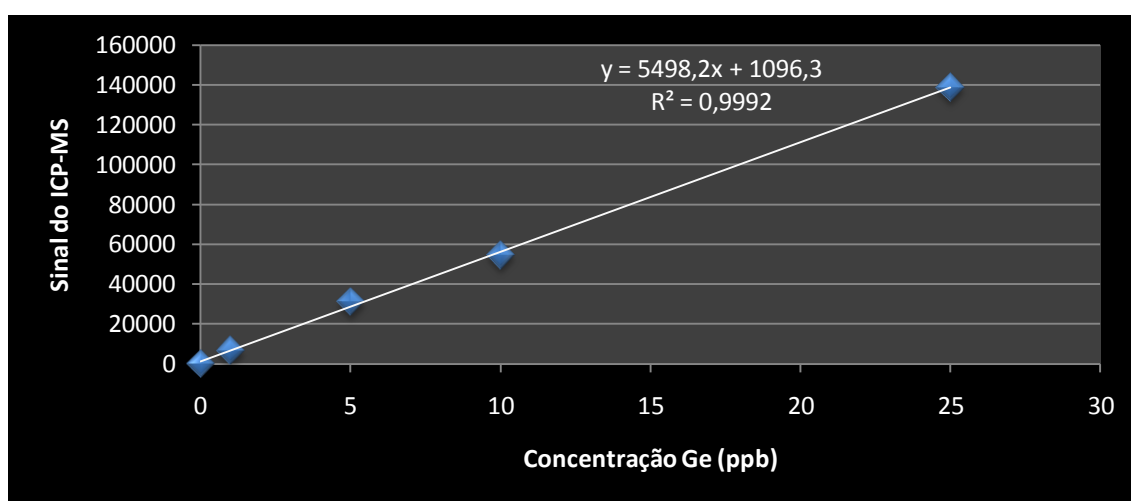


Figura 83 – Curva de calibração para os ensaios com ginseng para o Germânio 70.

### Isótopo 72

Tabela 27 - Valores obtidos no ICP-MS para a curva de calibração para os ensaios com ginseng para o Germânio 72.

Label	Defined	Measured	Error	Mean CPS	% Error
Cal BL	0	0	0	144	0
1ppb	1	1,05	0,05	8441,39	4,96
5ppb	5	5,513	0,513	43725,92	10,26
10ppb	10	9,764	0,236	77328,9	2,36
25ppb	25	24,99	0,01	197691,86	0,04

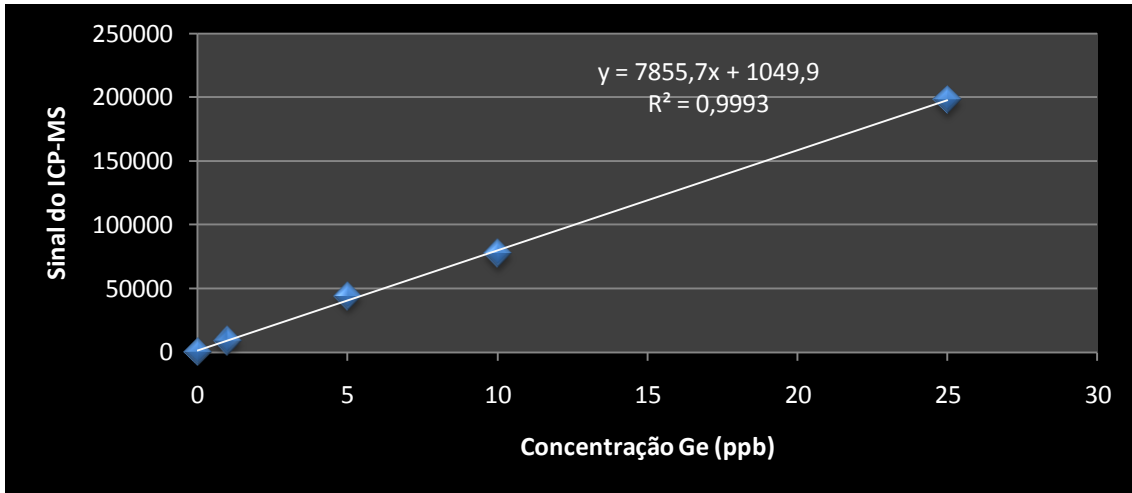


Figura 84 – Curva de calibração para os ensaios com ginseng para o Germânio 72.

### Isótopo 74

Tabela 28 - Valores obtidos no ICP-MS para a curva de calibração para os ensaios com ginseng para o Germânio 74.

Label	Defined	Measured	Error	Mean CPS	% Error
Cal BL	0	0	0	13	0
1ppb	1	1,051	0,051	11862,67	5,12
5ppb	5	5,515	0,515	62181,97	10,3
10ppb	10	9,729	0,271	109690,4	2,71
25ppb	25	25,003	0,003	281876	0,01

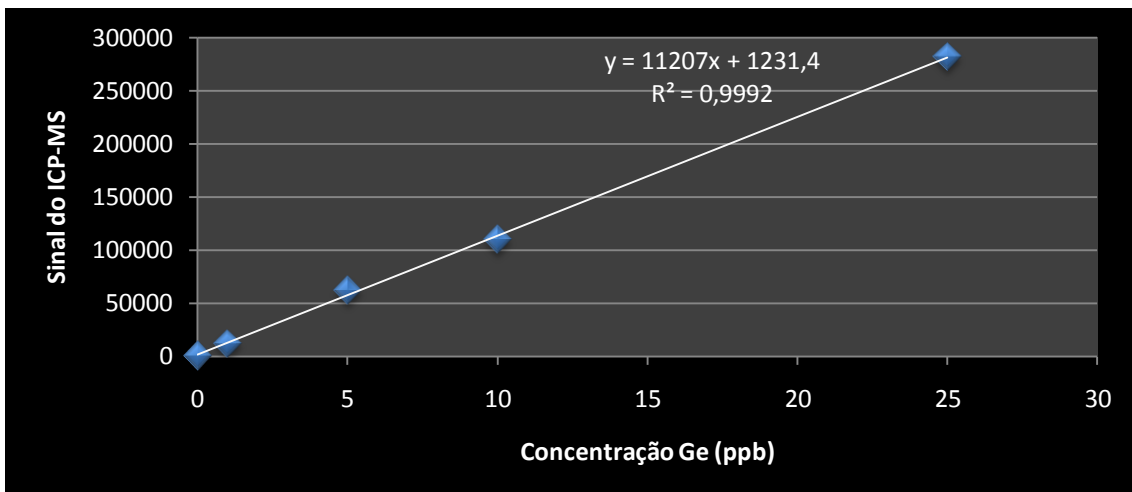


Figura 85 – Curva de calibração para os ensaios com ginseng para o Germânio 74.

## Rabanete

### Isótopo 70

Tabela 29 - Valores obtidos no ICP-MS para a curva de calibração para os ensaios com rabanete para o Germânio 70.

Label	Defined	Measured	Error	Mean CPS	% Error
<b>Cal BL</b>	0	0	0	43	0
<b>1</b>	1	1,031	0,031	6951,66	3,11
<b>5</b>	5	5,412	0,412	36305,69	8,25
<b>10</b>	10	9,895	0,105	66340,86	1,05
<b>20</b>	20	19,948	0,052	133693,26	0,26

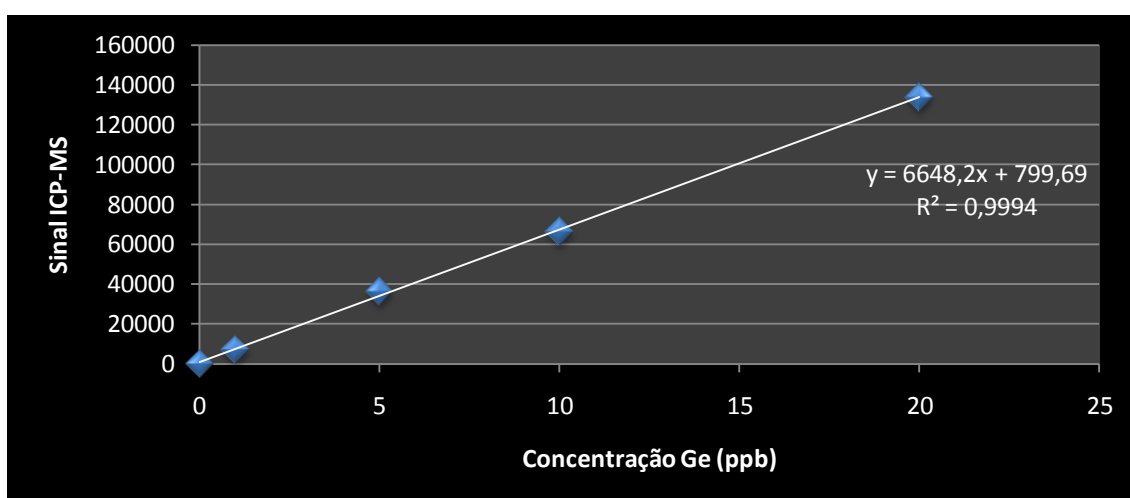


Figura 86 – Curva de calibração para os ensaios com rabanete para o Germânio 70.

### Isótopo 72

Tabela 30 - Valores obtidos no ICP-MS para a curva de calibração para os ensaios com rabanete para o Germânio 72.

Label	Defined	Measured	Error	Mean CPS	% Error
<b>Cal BL</b>	0	0	0	167	0
<b>1 ppb</b>	1	0,978	0,022	9443,24	2,21
<b>5 ppb</b>	5	5,352	0,352	50932,95	7,03
<b>10 ppb</b>	10	9,891	0,109	93998,82	1,09
<b>20 ppb</b>	20	19,967	0,033	189581,7	0,16

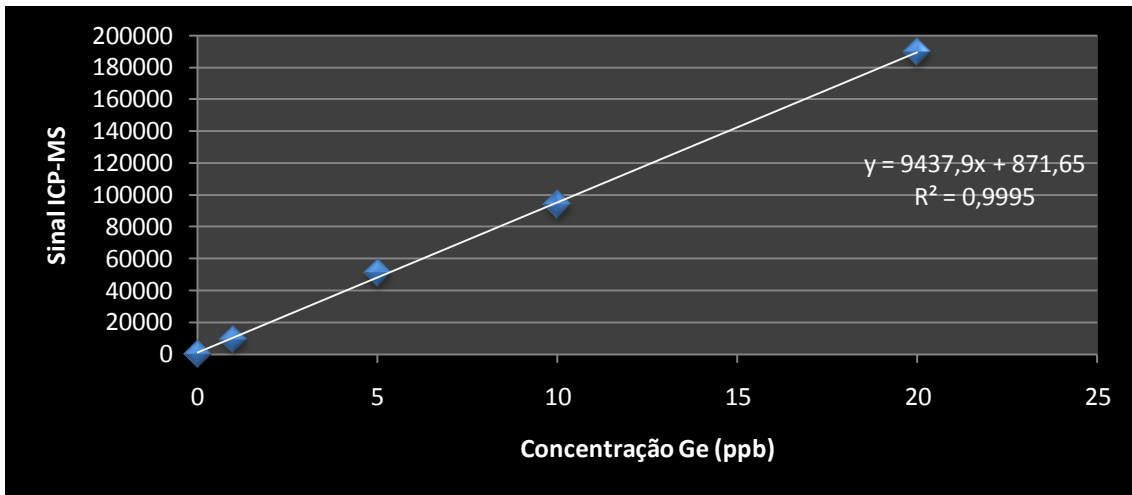


Figura 87 – Curva de calibração para os ensaios com rabanete para o Germânio 72.

#### Isótopo 74

Tabela 31 - Valores obtidos no ICP-MS para a curva de calibração para os ensaios com rabanete para o Germânio 74.

Label	Defined	Measured	Error	Mean CPS	% Error
Cal BL	0	0	0	33,33	0
1 ppb	1	0,983	0,017	13215,93	1,73
5 ppb	5	5,346	0,346	71751,72	6,93
10 ppb	10	9,871	0,129	132450,62	1,29
20 ppb	20	19,979	0,021	268027,42	0,11

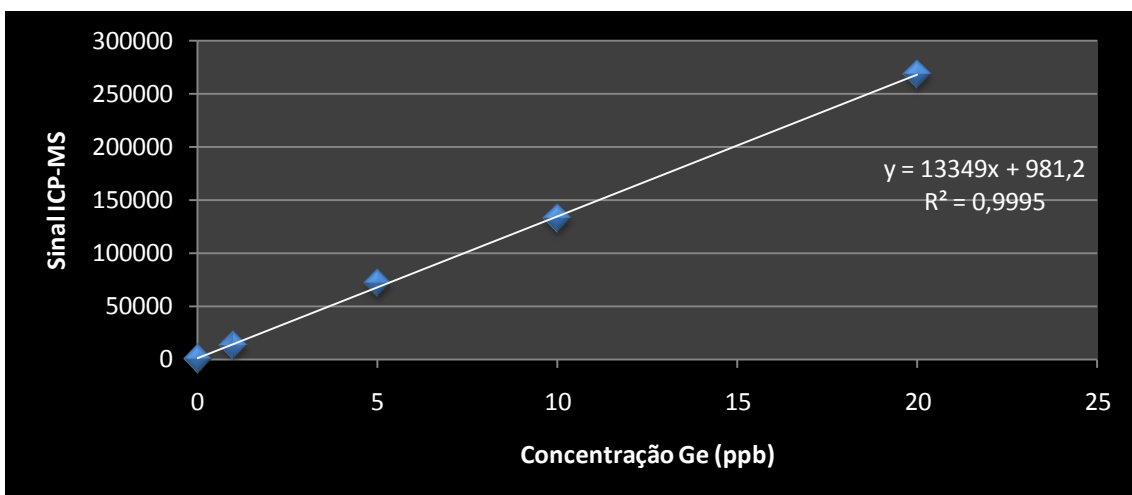


Figura 88 – Curva de calibração para os ensaios com rabanete para o Germânio 74.

Anexo B – Alimentos e as respectivas massas usadas em cada ensaio.

## Alho

Tabela 32 – Massas usadas nos ensaios com alho.

Ensaio	m Alho(g)
1a	1,0011
2a	1,0028
3a	1,0068
4a	1,0001
5a	1,0024
6a	1,0111
7a	1,0067
8a	1,013
9a	1,009

## Aloé Vera

Tabela 33 - Massas usadas nos ensaios com aloé vera.

Ensaio	m Aloé Vera(g)
1al	0,9985
2al	1,343
3al	1,2734
4al	1,2071
5al	1,0731
6al	1,2412
7al	1,0488
8al	1,025
9al	1,0047

## Cogumelos

Tabela 34 - Massas usadas nos ensaios com cogumelos.

Ensaio	m Cogumelos(g)
1c	1,0028
2c	1,0029
3c	1,0107
4c	1,0022
5c	1,013
6c	1,002
7c	1,0031
8c	1,0016
9c	1,0027

## Espargos

Tabela 35 - Massas usadas nos ensaios com espargos.

<b>Ensaio</b>	<b>m Espargos(g)</b>
<b>1e</b>	1,5624
<b>2e</b>	1,5397
<b>3e</b>	1,5519
<b>4e</b>	1,5692
<b>5e</b>	1,5297
<b>6e</b>	1,0315
<b>7e</b>	1,5118
<b>8e</b>	1,0288
<b>9e</b>	1,0000
<b>10e</b>	1,0087
<b>11e</b>	1,0284

## Gengibre

Tabela 36 - Massas usadas nos ensaios com gengibre.

<b>Ensaio</b>	<b>m Gengibre(g)</b>
<b>1g</b>	1,0087
<b>2g</b>	1,025
<b>3g</b>	1,0212
<b>4g</b>	1,0372
<b>5g</b>	1,0426
<b>6g</b>	1,023
<b>7g</b>	1,0106
<b>8g</b>	1,0274
<b>9g</b>	1,0095

## Ginseng

Tabela 37 - Massas usadas nos ensaios com ginseng.

<b>Ensaio</b>	<b>m Ginseng(g)</b>
<b>1g</b>	1,0182
<b>2g</b>	0,5078
<b>3g</b>	0,5078
<b>4g</b>	0,5014
<b>5g</b>	0,5089
<b>6g</b>	0,5062
<b>7g</b>	0,5033
<b>8g</b>	0,5015
<b>9g</b>	0,5013

## Rabanete

Tabela 38 - Massas usadas nos ensaios com rabanete.

<b>Ensaio</b>	<b>m Rabanete(g)</b>
<b>1r</b>	1,518
<b>2r</b>	1,5271
<b>3r</b>	1,525
<b>4r</b>	1,5001
<b>5r</b>	1,5262
<b>6r</b>	1,529
<b>7r</b>	1,5206
<b>8r</b>	1,5019
<b>9r</b>	1,5042