

# **Alterações de linguagem em crianças cronicamente expostas a vulcanismo ativo – ilha de São Miguel (Açores)**

Dissertação de Mestrado

Rute Silveira Fontes

Mestrado em

**Ciências Biomédicas**



# **Alterações de linguagem em crianças cronicamente expostas a vulcanismo ativo – ilha de São Miguel (Açores)**

Dissertação de Mestrado

Rute Silveira Fontes

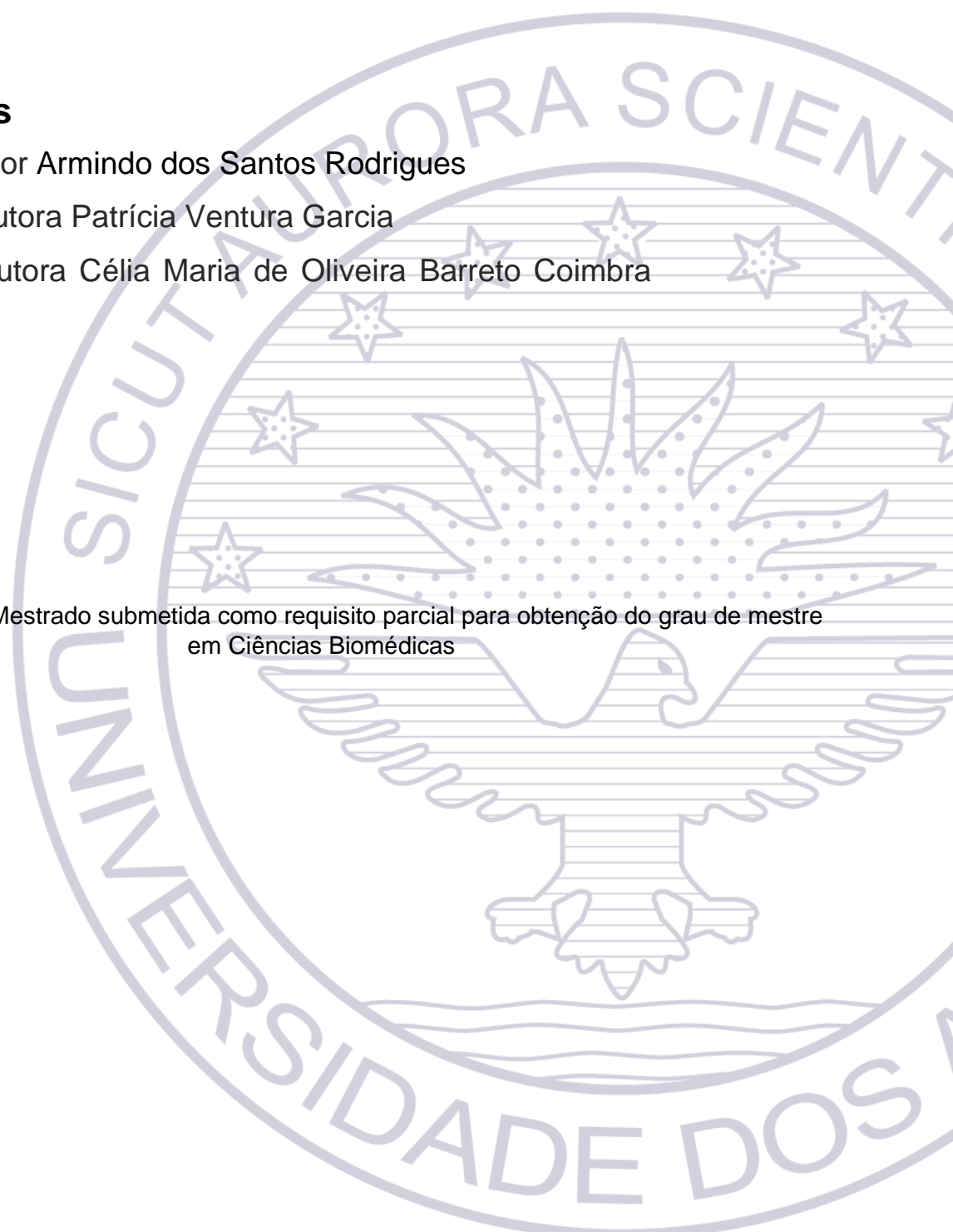
## **Orientadores**

Professor Doutor Armindo dos Santos Rodrigues

Professora Doutora Patrícia Ventura Garcia

Professora Doutora Célia Maria de Oliveira Barreto Coimbra

Dissertação de Mestrado submetida como requisito parcial para obtenção do grau de mestre em Ciências Biomédicas



*Para os meus pais*

## ÍNDICE

<b>Índice de Figuras</b> .....	<b>III</b>
<b>Índice de Tabelas</b> .....	<b>IV</b>
<b>Agradecimentos</b> .....	<b>V</b>
<b>Resumo</b> .....	<b>VI</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>VII</b>
<b>1. Introdução</b> .....	<b>1</b>
1.1. Neuro desenvolvimento .....	2
1.2. Linguagem .....	3
1.3. Aquisição da linguagem .....	5
1.4. Linguagem oral .....	7
1.5. Desenvolvimento cognitivo .....	8
1.6. Linguagem e cognição .....	9
<b>2. Enquadramento e pertinência do estudo</b> .....	<b>11</b>
<b>3. Metodologia</b> .....	<b>15</b>
3.1. Caracterização dos locais de estudo .....	15
3.2. Caracterização dos grupos de estudo .....	16
3.3. Matrizes progressivas coloridas de <i>Raven</i> (CPM).....	17
3.4. Grelha de observação da linguagem – nível escolar (GOL-E) .....	18
3.5. Análise de metais em amostras de cabelo .....	18
3.6. Análise estatística.....	19
<b>4. Resultados</b> .....	<b>21</b>
4.1. Resultados da análise de cabelos dos participantes.....	21
4.2. Dados Sociodemográficos da população .....	22
4.3. Matrizes coloridas progressivas de <i>Raven</i> (CPM) vs. Teste de linguagem (GOL-E).....	24

---

<b>5. Discussão e Conclusão .....</b>	<b>28</b>
<b>6. Referências Bibliográficas .....</b>	<b>32</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>1</b>
Anexo I - Consentimento informado .....	1
Anexo II - Questionário aos pais/tutores legais dos participantes .....	3
Anexo III - Folha de registo GOL-E.....	6
Anexo IV - Folha de registo CPM – Matrizes coloridas progressivas de <i>Raven</i> ...	15
Anexo V – Resultados obtidos na CPM por idade.....	17
Anexo VI – Resultados obtidos na GOL-E.....	19
Anexo VII – Resultados da análise dos cabelos .....	21
Anexo VIII – Tabelas de resultados do SPSS .....	23
Anexo IX – Folheto informativo para a comunidade escolar e encarregados de educação.....	29

## Índice de Figuras

<b>Figura 1</b> – Sistemas da linguagem .....	3
<b>Figura 2</b> - Mapa dos três sistemas vulcânicos ativos na Ilha de São Miguel (Furnas, Fogo e Sete Cidades) .....	15
<b>Figura 3</b> - Representação das concentrações de metais pesados em cada um dos grupos (exposto e não exposto).....	21
<b>Figura 4</b> - Frequências relativas dos percentis obtidos no teste CPM para os dois grupos de estudo .....	25
<b>Figura 5</b> - Resultados da estrutura morfosintática em cada grupo de estudo (exposto e não exposto).....	26
<b>Figura 6</b> - Resultados da estrutura semântica em cada grupo de estudo (exposto e não exposto).....	26
<b>Figura 7</b> - Resultados da estrutura fonológica em cada grupo de estudo (exposto e não exposto).....	27

## Índice de Tabelas

<b>Tabela 1</b> – Etapas da Aquisição da Linguagem .....	6
<b>Tabela 2</b> - Características sociodemográficas da população em estudo.....	22
<b>Tabela 3</b> - Estatísticas de grupo relativamente à idade.....	22
<b>Tabela 4</b> - Estatísticas dos grupos de estudo relativamente ao sexo.....	23
<b>Tabela 5</b> - Estatísticas dos grupos de estudo relativamente aos hábitos tabágicos dos pais .....	23
<b>Tabela 6</b> - Estatísticas dos dois grupos de estudo e as Dificuldades de Aprendizagem .....	24
<b>Tabela 7</b> - Resultados obtidos no teste CPM por idade .....	18
<b>Tabela 8</b> - Resultados obtidos no teste GOL-E.....	20
<b>Tabela 9</b> - Resultados do ActLabs com as concentrações de metais pesados nos cabelos das crianças .....	22
<b>Tabela 10</b> - Resultados do teste t para comparação da concentração dos metais no cabelo nos dois grupos de estudo (exposto vs. não exposto ao vulcanismo) .....	24
<b>Tabela 11</b> - Resultados do teste t para comparação da idade nos dois grupos de estudo..	24
<b>Tabela 12</b> - Teste de Qui-quadrado para a variável sexo e os dois grupos de estudo .....	25
<b>Tabela 13</b> - Teste Qui-Quadrado entre os hábitos tabágicos dos pais e cada grupo de estudo .....	25
<b>Tabela 14</b> - Teste Qui-Quadrado entre as dificuldades de aprendizagem e cada grupo de estudo.....	25
<b>Tabela 15</b> - Teste <i>Mann-Whitney</i> para relacionar os resultados da CPM e os dois grupos de estudo.....	26
<b>Tabela 16</b> - <i>Teste t</i> entre os resultados da CPM e os dois grupos de estudo .....	26
<b>Tabela 17</b> - Teste de Mann-Whitney para a estrutura morfosintática e os dois grupos de estudo.....	26
<b>Tabela 18</b> - Teste de Mann-Whitney para a estrutura semântica e os dois grupos de estudo .....	27
<b>Tabela 19</b> - Teste de Mann-Whitney para a estrutura fonológica e os dois grupos de estudo .....	27
<b>Tabela 20</b> - Correlação de Spearman entre Estruturas da Linguagem e Matrizes CPM .....	28

## Agradecimentos

Um projeto de Mestrado é um percurso que, inevitavelmente, inclui desafios, tristezas, incertezas, alegrias e percalços pelo caminho. Esta caminhada só foi possível devido a várias pessoas, a quem dedico este projeto de vida.

Em primeiro lugar, um agradecimento especial aos meus orientadores, ao Doutor Armindo Rodrigues, à Doutora Patrícia Garcia e à Doutora Célia Carvalho, pela confiança depositada, pela paciência, pela orientação e, sobretudo, por não terem desistido deste projeto.

À minha família, pela motivação, pelo encorajamento constante para fazer mais e melhor, e que, mesmo à distância, fizeram toda a diferença.

Aos meus amigos e colegas, mas principalmente à minha grande amiga Joana Silveira, companheira nesta aventura, agradeço a ajuda, o apoio e a preocupação nos momentos de maior angústia.

Às minhas colegas Rita Neto e Marta Barata, coordenadoras da Clínica LALAR à qual eu faço parte da equipa, pelo incentivo e apoio prestado nesta fase final do projeto.

À Vice-Presidente do Conselho Executivo da Escola Básica e Secundária da Povoação, a professora Cláudia Rosa, pela recetividade e pelo apoio no arranque dos trabalhos nas Escolas da Ribeira Quente e das Furnas, parte integrante deste projeto.

Ao Presidente do Conselho Executivo da Escola Básica Integrada das Capelas, o professor Mariano Rego, pela sua disponibilidade, aceitação e divulgação do projeto com a Escola de Santo António, entidade participante no projeto.

A todos os professores e auxiliares da Escola da Ribeira Quente, da Escola das Furnas e da Escola de Santo António, pelo encaminhamento e auxílio no decorrer dos trabalhos junto das crianças participantes do projeto.

A todos os pais, encarregados de educação/tutores legais pela presença nas sessões de esclarecimento e pela permissão da participação dos seus educandos neste estudo.

A todos os que, de forma direta ou indireta, fizeram com que este projeto fosse concretizado, muito obrigada!

## Resumo

O domínio da linguagem apresenta-se como um dos elementos essenciais para a sobrevivência na atualidade e compromete a plena integração dos cidadãos na vida social. Sabe-se que o desenvolvimento da linguagem ocorre devido à conformidade de várias vertentes, nomeadamente a vertente cognitiva, emocional e do neuro desenvolvimento.

Já é de conhecimento que as regiões vulcânicas emitem vários gases voláteis, nomeadamente o mercúrio, que possui propriedades neurotóxicas e, desta forma, pode comprometer a saúde dos habitantes em regiões com vulcanismo ativo, como é o caso das Furnas e da Ribeira Quente presentes neste estudo.

Para compreender a interação entre o meio ambiente e a linguagem nas crianças, esta investigação tem por base a participação de 27 crianças expostas a ambiente vulcanicamente ativo (Furnas e Ribeira Quente) e 19 crianças pertencentes à freguesia de Santo António, que é o nosso grupo de referência.

Estas crianças têm idades compreendidas entre os 6 e os 9 anos de idade e foram submetidas a avaliação de linguagem e a testes cognitivos, nomeadamente a GOL-E – Grelha de Avaliação da Linguagem na Criança – Nível escolar e a CPM-P - Matrizes Progressivas Coloridas de *Raven*, respetivamente.

De forma a evidenciar a influência do ambiente vulcânico nos resultados obtidos nos dois testes referidos anteriormente, foi efetuada a análise a amostras de cabelo dos participantes neste estudo a diversos metais pesados, tais como arsénio (As), cádmio (Cd), chumbo (Pb), manganês (Mn), e mercúrio (Hg). Destes cinco metais, obtiveram-se concentrações de Hg 4,2 significativamente mais elevadas no grupo exposto, relativamente ao grupo não exposto.

Após esta primeira análise, foi efetuado o teste *t* para comparar os resultados da CPM, o teste de *Mann-Whitney* para analisar cada estrutura da linguagem e realizaram-se correlações de *Spearman*, para testar a associação entre os resultados dos testes aplicados. Nenhuma das análises efetuadas revelou diferenças ou associações significativas nos dois grupos de estudo, ou seja, a exposição ao mercúrio não influenciou o desenvolvimento da linguagem nem os resultados cognitivos obtidos.

Palavras-Chave: linguagem; vulcanismo; mercúrio; neurotoxicidade; crianças

## Abstract

Mastery of language is one of the essential factors for survival and compromises the full integration of citizens into social life. It is known that language development occurs due to the conformity of several aspects, namely the cognitive, emotional and neurodevelopmental aspects.

It is already known that volcanic regions emit numerous volatile gases, namely mercury, which is neurotoxic and, therefore, can compromise the health of inhabitants in regions with active volcanism, such as those from the villages of Furnas and Ribeira Quente.

To understand the interaction between the environment and language in children, this research is based on the participation of 27 children exposed to volcanic environments (Furnas and Ribeira Quente: exposed group) and 19 children belonging to the parish of Santo António (non-exposed group).

These children are aged between 6 and 9 years old and were subjected to language and cognitive assessments, namely the GOL-E – Child Language Assessment Grid – School Level and the CPM-P – Colored Progressive Matrices of *Raven*.

To determine the influence of the volcanic environment on the results obtained in the two tests mentioned above, hair samples from participants in this study were analyzed for various heavy metals, such as arsenic (As), cadmium (Cd), lead (Pb), manganese (Mn), and mercury (Hg). Of these five metals, significantly higher concentrations of Hg (x4.2 higher) were obtained in the exposed group, compared to the unexposed group.

After this first analysis, the *t*-test was performed for the CPM results, the Mann-Whitney test was performed to analyze each language structure and Spearman correlations were performed to test the association between the results of the applied tests and study groups. None of the analyzes carried out revealed significant differences or associations in the two study groups, that is, exposure to mercury neither influenced language development, nor the cognitive results.

Keywords: language; volcanism; mercury; neurotoxicity; children

## 1.Introdução

O processo de aquisição da Linguagem está assente em quatro domínios interdependentes: o fonológico, que envolve a perceção e produção de sons para formar palavras; o pragmático, que está relacionado com o uso comunicativo da linguagem em contexto social; o semântico, que diz respeito às palavras e ao seu significado; e o morfossintático que engloba as regras sintáticas e morfológicas de forma a combinar as palavras em frases que sejam compreensíveis (Schimer *et al.*, 2004).

A harmonização destes domínios permite às crianças generalizar e adequar as aprendizagens, proporcionando-lhes um desenvolvimento cognitivo adequado e, conseqüentemente, a aquisição de outras capacidades não-inatas, como a leitura e escrita (Ximenes, 2004). Quando a criança apresenta dificuldades na linguagem recetiva (compreensão) ou na linguagem expressiva (partilha de sentimentos) dizemos que tem uma alteração na linguagem (Tavares, 2009).

A linguagem é considerada um fator para o desenvolvimento e aprendizagem. A linguagem oral é uma base linguística indispensável para que as competências de leitura e escrita se consolidem. A linguagem recetiva e a linguagem expressiva foram consideradas por muitos autores como um indicador favorável de compreensão de leitura bem consolidada (Mousinho *et al.*, 2008).

Em muitos casos a linguagem encontra-se bem cimentada ao longo do desenvolvimento global das crianças, contudo as capacidades cognitivas das crianças e as suas formas de estruturar o pensamento não são determinadas apenas por fatores congénitos, mas sim influenciados pelo contexto cultural em que a criança se desenvolve. Sabe-se que a sociedade em que a criança se insere e a sua história pessoal são fatores fundamentais para determinar a sua forma de pensar. Aquando deste desenvolvimento cognitivo, a linguagem determina a forma como a criança vai aprender a pensar, pois as formas de pensamento são transmitidas por palavras (Mousinho *et al.*, 2008).

Em suma, e como já se tem vindo a descobrir, a aquisição da linguagem depende de uma junção entre o neurobiológico e o social, ou seja, depende de um bom desenvolvimento das estruturas cerebrais, de um parto sem complicações e da interação social desde a conceção (Mousinho *et al.*, 2008).

### **1.1. Neuro desenvolvimento**

O desenvolvimento cerebral tem vindo a ganhar importância desde o funcionamento dos circuitos neuronais, dos mecanismos implicados na linguagem, às aprendizagens e comportamento (Oliveira, 2019).

Relativamente à anatomia do cérebro, sabemos, atualmente, que 80% da estrutura do sistema nervoso central (SNC) é formado desde o período pré-natal até aos dois anos de idade. Aos seis anos de idade a estrutura volumosa já está equiparada ao cérebro de um adulto. No entanto, a diferenciação funcional sofre alterações até à vida adulta, sendo que o seu início ocorre após o nascimento. Posto isto, a fase até aos dois anos de idade é fulcral para o desenvolvimento cognitivo do ser humano (Oliveira, 2019).

O cérebro apresenta uma organização na qual estruturas mais recentes, como o córtex pré-frontal, desempenham um papel regulador nas estruturas mais antigas. No entanto, o desenvolvimento dos processos cognitivos não depende apenas da maturação de regiões cerebrais específicas, mas também da maturação das conexões estabelecidas entre elas. Portanto, uma comunicação eficaz entre os diferentes circuitos neuronais é essencial para que estes se integrem num único sistema cognitivo, e a mielinização dos axónios é um processo fundamental para otimizar essa comunicação. A mielinização envolve a formação de bainhas de mielina ao redor dos axónios, aumentando a velocidade de transmissão dos impulsos elétricos. A eficiência do sistema neuronal depende desse aumento na velocidade de processamento, o que melhora a capacidade de combinar informações de várias fontes com precisão. A mielinização inicia-se no terceiro mês de gestação e a maior parte deste processo ocorre logo após o nascimento. O desenvolvimento dos processos cognitivos está intrinsecamente ligado ao desenvolvimento contínuo do cérebro da criança em cada estágio de desenvolvimento (Oliveira, 2019).

O sistema nervoso, que tem como órgão principal o cérebro, tem como função processar acontecimentos externos, os estímulos, que são parte da ação do indivíduo, e emitir uma resposta motora como consequência do mesmo. No entanto, uma série de processos afetivos e cognitivos modulam a nossa percepção do estímulo, bem como a resposta que lhe damos. Existem uma série de processos que antevêm a emissão da resposta ao estímulo, são eles a atenção, a memória, a linguagem, as funções executivas e a emoção (Oliveira, 2019).

## 1.2. Linguagem

A linguagem é exemplo de uma função cortical avançada e o seu desenvolvimento é influenciado por uma estrutura anatomo-funcional geneticamente determinada por estímulos verbais provenientes do ambiente (Castaño, 2003).

É preciso ter em conta que a linguagem atua como um veículo para a comunicação, sendo um instrumento social utilizado em interações com o propósito de facilitar o processo comunicativo. A linguagem pode ser definida como um sistema de símbolos convencionais e arbitrários que são combinados de forma sistemática e orientada para armazenar e transmitir informações (Nogueira *et al.*, 2000).

Segundo Damasio (1992), podemos considerar três sistemas principais que sustentam o funcionamento da linguagem, são eles (Figura 1):

- Um **sistema operativo**, que ocupa a região perissilviana (Fissura de Sylvius) do hemisfério dominante e que inclui tanto a área de *Broca* como a de *Wernicke*;
- Um **sistema semântico**, que se estende por grandes áreas corticais, em ambos os hemisférios;
- Um **sistema intermediário**, organizado de forma modular, atuando como mediador entre os dois sistemas mencionados anteriormente. Esse sistema está localizado ao redor do sistema instrumental.

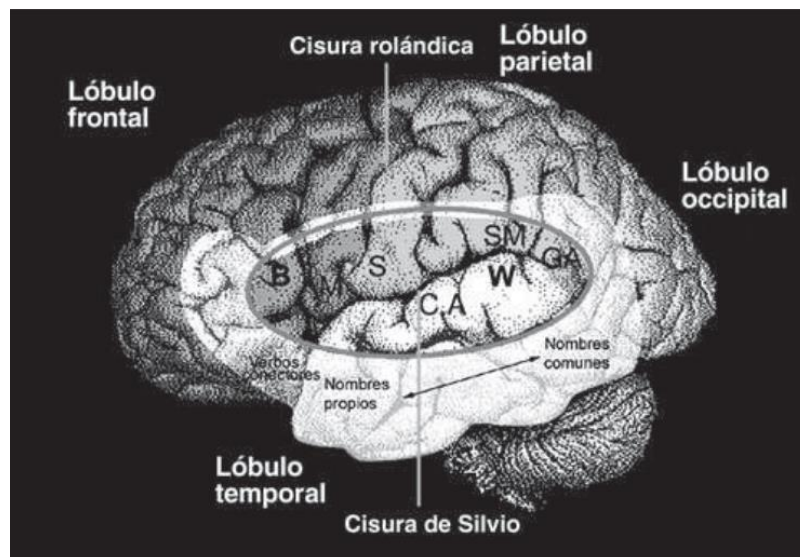


Figura 1 – Sistemas da linguagem<sup>1</sup>

<sup>1</sup> **Nota:** A linha que delinea uma forma oval representa a região perissilviana no hemisfério esquerdo associada ao sistema operacional. A área mais clara que circunda a anterior corresponde ao sistema intermediário (Damasio, 1992).

Dentro do sistema operacional, a área de *Broca* desempenha um papel fundamental na organização dos fonemas nas palavras e na estruturação de frases, envolvendo aspetos gramaticais e relacionais da linguagem. Além disso, é o local de acesso aos verbos e às palavras funcionais. Lesões na área de *Broca*, resultam, frequentemente, em dificuldades sintáticas significativas, como a capacidade de ligar elementos em diferentes partes, afetando, assim, a memória de trabalho (Damasio, 1992).

Por outro lado, a área de *Wernicke* atua como um processador de sons da fala, convertendo o *input* auditivo em palavras que, posteriormente, são usadas para evocar conceitos. Esta área não desempenha um papel determinante na seleção de palavras, mas é fundamental para a transformação dos sons constituintes em representações internas auditivas e cinestésicas que sustentam a produção da fala. A função da área de *Wernicke* está relacionada com a descodificação fonémica e não com a interpretação semântica. Entretanto, lesões nessa área, afetando a descodificação dos fonemas que formam as palavras, impedem a inclusão dessas palavras no repertório semântico da criança (Damasio, 1992).

A linguagem é gerida pelo hemisfério não dominante, significando que, em indivíduos destros, é controlada pelo hemisfério esquerdo. O processo de linguagem começa com a percepção auditiva, que ocorre na área auditiva primária no lobo temporal, sendo essa que recebe os sinais sonoros que codificam as palavras. Neste seguimento, a compreensão da linguagem é o próximo passo, e acontece na área de *Wernicke*, que interpreta as palavras, descodificando assim o seu significado. Essa área está localizada na parte póstero-superior do lobo temporal (Damasio, 1992).

Posteriormente, ainda na área de *Wernicke*, é formulada uma resposta, ou seja, é determinada a palavra que será expressa. Há uma transmissão de sinais da área de *Wernicke* para a área de *Broca*, através do feixe arqueado. Na área de *Broca*, que está localizada no lobo frontal, ocorre o planeamento motor (articulação) da resposta já determinada. Esta área é especializada no controlo da formação das palavras (Damasio, 1992).

Finalmente, os sinais são transmitidos para o córtex motor pré-frontal, que controla os músculos da fonação. Esses músculos são responsáveis por emitir a palavra (Aneja, 1999; Brown *et al.*, 1967).

No contexto da linguagem, a comunicação recetiva abrange a sensação auditiva, percepção e compreensão das palavras, enquanto a comunicação expressiva inclui a formulação da palavra, planeamento, controlo motor da fonação e a própria articulação (Guyton, 1989).

Sabe-se que o cérebro é um órgão altamente dinâmico que está constantemente a adaptar-se a novas informações. Como resultado, as áreas envolvidas na linguagem de um adulto podem ser diferentes das áreas envolvidas na linguagem de uma criança, e é possível que algumas regiões do cérebro sejam utilizadas apenas durante o período de desenvolvimento da linguagem (Casas-Fernández, 2000).

Em aproximadamente 90% da população, acredita-se que o hemisfério esquerdo seja dominante para a linguagem. No entanto, o hemisfério direito desempenha um papel importante no processamento da linguagem, principalmente em relação aos aspetos da pragmática (Geschwind & Galaburda, 1995; Westerveld *et al.*, 2000).

### **1.3. Aquisição da linguagem**

O primeiro ano de vida de um bebé é de extrema importância para o seu desenvolvimento sócio afetivo. Durante esse período, o bebé deve criar autoconfiança para a comunicação, estabelecendo bases sólidas para o desenvolvimento linguístico. Determinadas ações como sorrir de forma intencional, vivenciar uma variedade de experiências, exercitar o aparelho fonador, praticar atitudes comunicativas e começar a expressar as suas necessidades e motivações, são aspetos cruciais a serem considerados ao longo deste primeiro ano, sempre respeitando a individualidade do bebé (Rigolet, 2006).

A comunicação pré-linguística, que ocorre nos primeiros 12 meses de vida, é elementar e consiste num conjunto de interações entre a díade cuidadores/progenitores e filhos. Essas interações podem servir como uma base importante para o desenvolvimento subsequente da comunicação linguística (Rigolet, 2006).

Neste seguimento, à medida que o vocabulário do bebé aumenta, a estrutura das frases também se torna mais complexa. A criança começa a utilizar a linguagem para relatar eventos, sejam passados, presentes ou futuros (Sim-Sim, 1998).

Entre os 18 e os 24 meses de idade, as crianças começam a formular pequenas frases, geralmente compostas por substantivos, verbos e alguns advérbios e adjetivos, mas ainda não incluem artigos, pronomes, conjunções e preposições. Dos dois aos três anos, as crianças tornam-se mais fluentes linguisticamente. No entanto, como ainda usam poucos advérbios e adjetivos, o papel dos adultos é crucial na estruturação semântica do discurso (Rigolet, 2006).

Entre os 36 e os 48 meses (entre os três e os quatro anos de idade), as crianças já são capazes de relatar eventos, conversar com os seus pares e educadores, construindo frases curtas e simples. Na faixa etária dos 4 aos 5 anos, as crianças começam a produzir

frases mais longas, aumentando o número médio de palavras por enunciado. Por outro lado, as crianças entre os 5 e os 6 anos conseguem expressar-se com mais facilidade e construir frases mais longas, geralmente com cinco e seis palavras (Tabela 1) (Rigolet, 2006).

O desenvolvimento da linguagem desempenha um papel fundamental na aprendizagem das regras linguísticas, que englobam a forma, o conteúdo e o uso da língua. No que se refere à forma, essas regras estão relacionadas com a fonologia, que abrange os sons e as suas combinações; com a morfologia, que trata da formação e estrutura interna das palavras; e com a sintaxe, que se concentra na organização das palavras na frase. Quando se trata do conteúdo, as regras estão ligadas à semântica, que diz respeito ao significado das palavras e à interpretação das combinações das mesmas. Por fim, o uso da língua está associado à adequação da comunicação ao contexto específico em que ocorre (Sim-Sim, 1998).

**Tabela 1 – Etapas da Aquisição da Linguagem<sup>2</sup>**

Etapas de Aquisição da Linguagem	
<b>0-3 meses</b>	Produção de sons (choro/consolo, gritos, barulhos) “discriminação de sons familiares”
<b>4-6 meses</b>	Discriminação dos sons da fala – compreensão de palavras – “balbucio”, produção de vogais e depois consoantes, “expressões faciais”
<b>7-9 meses</b>	Balbucio reduplicado (“bababa”) de forma interativa e produção gestual comunicativa – “aponta para objetos”
<b>10-12 meses</b>	Primeiras palavras reais e jargão (balbucio com fala) “contato visual, expressões faciais, vocalizações e gestos (se faz entender por meio dessas formas de comunicação antes mesmo de falar)”
<b>12-18 meses</b>	Produção de 10-50 palavras e algumas frases de duas palavras – chama a atenção para receber uma resposta verbal do adulto.
<b>2 anos</b>	Produz 150-200 palavras e frases de 2 a 3 palavras – nomeia objetos quando inquirida.
<b>3 anos</b>	Sentenças gramaticais (artigo, preposição, plurais) e formula questões.
<b>4 anos</b>	Clara sintaxe – completa inteligibilidade é esperada por volta dos 4 anos e os 6 meses (as meninas em média um pouco antes dessa idade) para fonologia do português.

<sup>2</sup> Nota: Adaptado de: Moll, Solange (2013). URL: <https://psicosol.com/tabela-com-desenvolvimento-da-linguagem/>

### 1.4. Linguagem oral

A linguagem oral é uma das formas mais poderosas de comunicar, sendo considerado um meio extremamente rico em informações, tanto objetivas, como subjetivas, diretas e/ou indiretas. Muitas vezes, a linguagem transmite as emoções do comunicador de maneira muito mais expressiva do que o próprio pretendia quando formulou uma frase (Friche, 2011).

Embora existam múltiplos métodos de comunicação entre os seres humanos, a capacidade de se comunicar eficazmente através da linguagem oral é uma das características fundamentais da nossa espécie. Essa habilidade decorre de uma complexa integração dos vários sistemas biológicos, incluindo os sistemas cerebral, auditivo, motor, respiratório, digestivo, além de aspetos psicológicos e culturais, como indicado por diversos autores (Andrade, 1997; ASHA, 1982; França *et al.*, 2004; Vygotsky, 1993).

De acordo com Andrade (1997), essa habilidade comunicativa, abrange a competência e o desempenho do indivíduo ao receber, processar e transmitir mensagens estruturadas linguisticamente. Para uma comunicação humana satisfatória, a linguagem oral é destacada como um meio essencial e é efetuada através da fala. A linguagem oral em crianças emerge de forma natural durante os seus primeiros anos de vida, de maneira semelhante à aprendizagem do caminhar (Fernandes, 2003).

Desde o nascimento, os bebés estão familiarizados com a voz humana, sendo capazes de reconhecer a voz da mãe. Nos primeiros meses de vida, a comunicação dos bebés ocorre principalmente através de expressões faciais, variações no tónus muscular e, especialmente, através do choro. Entre os dois e os três meses de idade, os bebés começam a emitir arrulhos e sons guturais. Aos quatro meses, as crianças já seguem a direção de fontes sonoras, localizando-as. Aos seis meses, os bebés começam a produzir o balbucio, que inclui sons bilabiais (e. g. “mamama” ou “bababa”). Entre os seis e os nove meses, o balbucio adquire uma entoação distinta e começa a assemelhar-se aos sons da língua materna da criança. Nesse estágio, a primeira palavra costuma surgir, consistindo, geralmente, numa sequência de sílabas reconhecida pelos adultos (Figuieras *et al.*, 2005; Resegue *et al.*, 2008). Por volta dos dois anos de idade, as crianças são capazes de reconhecer objetos através da função. Nesse mesmo período, entre os dois e os três anos, as crianças começam a usar metáforas, referindo-se a ações simples ou às características perceptuais dos objetos. É nessa idade que o jogo simbólico começa a surgir. Entre os cinco e os sete anos, as crianças adquirem uma compreensão quase completa da sintaxe, dominam estruturas complexas tanto na compreensão como na expressão e os aspetos relacionados à gramática da língua estão parcialmente desenvolvidos (Figuieras *et al.*, 2005; Resegue *et al.*, 2008).

Normalmente, por volta dos quatro a cinco anos de idade, as crianças concluem o desenvolvimento fonológico, adquirindo tanto as estruturas silábicas simples como as complexas. Nessa faixa etária, a grande maioria das crianças já utiliza a linguagem de forma eficaz para comunicar entre si (Lamprecht *et al.*, 2004).

Os processos fonológicos, que podem ser definidos como simplificações sistemáticas que afetam uma classe de sons, são comuns durante o desenvolvimento da linguagem oral em crianças. Esses processos podem alterar a estrutura silábica das palavras, reduzindo-as, muitas vezes, a uma estrutura consoante-vogal, à substituição de um som por outro ou, até mesmo, ao reorganizar ou transpor de elementos consonantais nas palavras (Wertzner, 2004).

É amplamente reconhecido que o domínio da linguagem oral desempenha um papel crucial na aprendizagem escolar, especialmente no que diz respeito à relação entre o domínio fonológico e as primeiras aquisições de leitura e da escrita. Além disso, é reconhecido que a capacidade de pensar e utilizar a linguagem nos seus aspetos semânticos e morfosintáticos é essencial para a leitura fluente e para a compreensão e assimilação das informações apresentadas em sala de aula (Sua Kay & Santos, 2014).

Quando a criança ingressa na escola, ela deve possuir de um domínio abrangente do sistema linguístico, incluindo os diferentes subsistemas, como a fonologia, a semântica, a morfologia, a sintaxe e a pragmática. O conhecimento implícito das regras desses subsistemas, que é adquirido nos anos que antecedem a idade escolar, torna-se gradualmente explícito. Esse conhecimento explícito é o que possibilita a aprendizagem na escola, desde os primeiros passos na correspondência entre fonemas e grafemas até à posterior compreensão e produção de textos escritos (Sua Kay & Santos, 2014).

### **1.5. Desenvolvimento cognitivo**

A cognição é a aquisição de conhecimento e envolve o uso de funções neuro psicológicas, como a sensação, a atenção, a percepção, a memória, entre outras. À medida que o organismo se desenvolve de acordo com a determinação biológica, torna-se cada vez mais capaz de adquirir novos comportamentos. No entanto, a ativação dessas estruturas cognitivas é impulsionada pela interação do indivíduo com o ambiente que o rodeia. Isso destaca a importância de dois fatores cruciais para o desenvolvimento cognitivo, nomeadamente, o biológico e o sociocultural (Anderson *et al.*, 2003; Eickmann *et al.*, 2002; Shonkoff & Marshall, 2000).

Piaget é um grande defensor desta ideia, sendo este também um dos maiores pesquisadores do desenvolvimento cognitivo. Uma vez que defende a importância da

componente biológica no desenvolvimento cognitivo, os seus trabalhos sustentam que a cognição é um processo adaptativo contínuo (Bühler *et al.*, 2008). Neste seguimento, existem diferentes aspetos importantes no desenvolvimento humano, contudo o desenvolvimento da cognição é de uma extrema importância, pois este facilita a aprendizagem de várias vertentes, sendo uma ferramenta cultural fulcral para a vida adulta (Bühler *et al.*, 2008).

### **1.6. Linguagem e cognição**

Como já tem vindo a ser relatado, o contexto cultural em que a criança se desenvolve assim como a sua história pessoal são fundamentais para que estas estruturam corretamente o pensamento. Durante o desenvolvimento cognitivo, a linguagem é um aliado na determinação de como a criança vai pensar e transmitir esse pensamento (Vygotsky, 1989). Neste sentido, o desenvolvimento cognitivo está intrinsecamente relacionado ao desenvolvimento da linguagem. Quanto mais avançado for o desenvolvimento da linguagem em crianças, mais proficientes elas serão em comunicar os seus pensamentos, sentimentos, ideias e intenções, além de compreenderem esses processos nos outros (Zauche *et al.*, 2016).

De acordo com estudos desenvolvidos por Piaget, a linguagem desempenha um papel crucial no desenvolvimento cognitivo, estando intimamente relacionada à construção do conhecimento. Nos primeiros estágios da vida, os bebés exibem principalmente ações reflexas. Através da repetição constante, coordenação e organização dessas ações, os bebés constroem esquemas motores que, por sua vez, possibilitam a construção de esquemas mentais, permitindo a representação (Bühler *et al.*, 2008).

Durante esse processo de construção de esquemas mentais, a imitação desempenha um papel fundamental, uma vez que revela condutas inteligentes, como a aprendizagem da coordenação entre meios e fins. A imitação sensoriomotora, que ocorre na presença direta do modelo, evolui para uma imitação que requer representação mental, chamada imitação diferida. A partir desse ponto, a criança adquire a capacidade de distinguir entre significados e sinais, começando a utilizar símbolos e sinais, expressando-os por meio de gestos, sinais e palavras (McCarty, 2000; Ozçaliskan & Goldin-Meadow, 2005).

Primeiramente, pensamos através da linguagem, sendo que só depois é que desenvolvemos esta habilidade. A memória, a atenção e a perceção podem também ser adquiridas através da linguagem. Na infância, observa-se o desenvolvimento da linguagem como apoio à cognição a partir dos dois anos de idade, maioritariamente através da brincadeira das crianças (Mousinho *et al.*, 2008).

Cromer (1974; 1979) conduziu uma abrangente revisão de estudos inspirados pela perspectiva de Piaget, defendendo que todos os aspetos da aquisição de linguagem podem ser explicados exclusivamente em termos de estruturas ou processos cognitivos. Além de reunir evidências que respaldam a visão de Piaget, Cromer (1974; 1979) apresenta dados relacionados ao desenvolvimento da linguagem que parecem não estar inteiramente ligados ao desenvolvimento de habilidades cognitivas. Como exemplo, Cromer (1974; 1979) cita o trabalho de Bellugi (1971), que demonstra que, no desenvolvimento da autorreferência, desde o uso do próprio nome até o uso de pronomes sujeito ou pronomes objeto (dependendo da posição na frase), o referente permanece inalterado, ou seja, a própria criança. Segundo Cromer (1974; 1979), mudanças nesses aspetos da autorreferência não podem ser facilmente explicadas apenas pelo desenvolvimento de habilidades cognitivas.

Com base neste tipo de evidência, Cromer (1974; 1979) conclui que, embora certas habilidades cognitivas possam ser necessárias para a aquisição da linguagem, essas habilidades por si só não são suficientes para explicar todos os aspetos do desenvolvimento linguístico.

## 2. Enquadramento e pertinência do estudo

Nos dias que correm, existem inúmeras pessoas que habitam em zonas vulcânicas, sendo estas ativas, inativas ou mesmo extintas, pois existem benefícios associados a estas áreas como, por exemplo, recursos geotérmicos, melhor fertilidade dos solos vulcânicos, utilização dos materiais basálticos e alta atração turística (Kelman & Mather, 2008; Linhares *et al.*, 2015; Sigurdsson *et al.*, 2015).

Além dos benefícios dessas regiões, também existem riscos para a saúde humana associados à exposição ao ambiente vulcânico. Esses riscos estão relacionados aos processos geoquímicos decorrentes da atividade vulcânica, que ocorrem na fase inativa dos vulcões ou até mesmo quando estes já estão extintos (Amaral & Rodrigues, 2011; Kungolos, 2006; Rodrigues & Garcia, 2015).

Os impactos da exposição ambiental a metais pesados na saúde humana têm sido objeto de discussão nas últimas décadas, principalmente no que diz respeito a metais tóxicos provenientes de atividades humanas, mas pouco tem sido abordado em relação à poluição natural e, em particular, à atividade vulcânica. As emissões vulcânicas durante erupções e no período pós-erupção podem representar um risco considerável para a saúde humana devido à exposição a gases e metais tóxicos, tanto em situações agudas quanto crônicas (Amaral *et al.*, 2006a; Amaral & Rodrigues, 2007).

Os vulcões são formações geológicas que, mesmo quando estão inativos ou extintos, emitem poluentes na atmosfera que podem ser prejudiciais à saúde humana, como gases tóxicos e metais pesados (Bagnato *et al.*, 2014; Ferreira *et al.*, 2005), sendo o mercúrio um dos principais metais libertados (Edwards *et al.*, 2021; Gustin *et al.*, 2008; Selin, 2009). O cádmio (Cd), o chumbo (Pb), o rubídio (Rb) e o zinco (Zn) estão, também, entre os metais emitidos por vulcões durante e após as erupções (Delmelle & Stix, 2000; Durand *et al.*, 2004).

Na Ilha de São Miguel (no Arquipélago dos Açores, Portugal), a atividade vulcânica é atualmente marcada por diversas manifestações hidrotermais, que incluem a desgaseificação difusa do solo, fontes termais ricas em dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), tanto quentes como frias, e campos de fumarolas (Viveiros *et al.*, 2010). Calcula-se que o vulcão das Furnas, um dos três vulcões ativos na ilha, emita aproximadamente 968 toneladas de CO<sub>2</sub> por dia por meio de fumarolas e desgaseificação do solo (Viveiros *et al.*, 2010). Para além do CO<sub>2</sub> emitido, os gases voláteis emitidos a partir de áreas de desgaseificação ativas contribuem para a constante acumulação de metais pesados na atmosfera (Bagnato *et al.*, 2011; Bagnato *et al.*, 2014; Bagnato *et al.*, 2018; Aiuppa *et al.*, 2003; Mather *et al.*, 2003; Pylar & Mather, 2003).

Essas emissões de metais, têm um impacto significativo na água, solo, vegetação e até na saúde humana e resultam em concentrações elevadas desses elementos em ambientes vulcânicos (Allard *et al.*, 2000; Amaral *et al.*, 2006a; Linhares *et al.*, 2019; Parelho *et al.*, 2014; Watt *et al.*, 2007).

Já se sabe que os habitantes de áreas vulcânicas com atividade hidrotermal também estão cronicamente expostos a concentrações elevadas de dióxido de carbono. Como resultado dessa exposição, diversos estudos demonstram que as pessoas que residem na região das Furnas apresentam uma alta incidência de bronquite crônica e outros distúrbios respiratórios (Amaral & Rodrigues, 2007; Linhares *et al.*, 2015;). Além disso, também foram observados aumentos na ocorrência de certos tipos de cancro, como cancro no lábio, na cavidade oral e na faringe (Amaral *et al.*, 2006b). No entanto, é importante ressaltar que o sistema respiratório não é o único afetado pelos poluentes vulcânicos. Vários estudos associam a exposição a poluentes de origem humana a distúrbios do sistema nervoso central (SNC), incluindo doenças como o Alzheimer (Calderón-Garcidueñas *et al.*, 2002; Campbell *et al.*, 2005; Block & Calderón-Garcidueñas 2009; Moulton & Yang 2012), doença de Parkinson (Finkelstein & Jerret, 2007; Ritz *et al.*, 2016), perturbação do espectro do autismo e outros distúrbios do desenvolvimento neurológico (Allen *et al.*, 2017).

Os habitantes das Furnas e Ribeira Quente residem em áreas com fumarolas ativas e próximas de nascentes hidrotermais, o que resulta em exposição contínua a níveis elevados de metais pesados e gases, incluindo o mercúrio (Viveiros *et al.*, 2010). O mercúrio é considerado um dos metais pesados mais tóxicos, pois não é facilmente eliminado do ambiente, permanecendo em circulação. Este metal pesado pode existir em várias formas, incluindo mercúrio elementar gasoso (GEM ou Hg), mercúrio inorgânico (I-Hg) e metilmercúrio (MeHg). Contudo, a forma em que o mercúrio se encontra influencia a via de exposição, absorção, distribuição e toxicidade nos órgãos-alvo (Cariccio *et al.*, 2019). O GEM constitui mais de 90% do mercúrio atmosférico e é libertado por fontes naturais, como sistemas vulcânicos, e por emissões antropogénicas (Liu *et al.*, 2012a, 2012b). As erupções vulcânicas podem aumentar a quantidade de mercúrio na atmosfera até 4 a 6 vezes mais (Krabbennhoft & Schuster, 2002). No entanto, fontes naturais de libertação de mercúrio, como a atividade vulcânica, são responsáveis por cerca de metade das emissões totais de mercúrio na atmosfera (Rustagi & Ritesh, 2010). Estimativas recentes indicam que os vulcões libertam entre 45 e 700 toneladas de mercúrio por ano, não apenas através de erupções, mas também através de fumarolas ou zonas de desgaseificação difusa (Pyle & Mather, 2003). Segundo a bibliografia, estima-se que o fluxo mundial de mercúrio a partir de erupções vulcânicas é de

57 toneladas por ano, enquanto o fluxo proveniente de atividades de desgaseificação é de 37,6 toneladas (Bagnato *et al.*, 2018).

O mercúrio é um metal pesado, neurotóxico, cuja presença pode desencadear alterações no sistema nervoso central (SNC) (Calderón-Garcidueñas, *et al.*, 2002; Campbell *et al.*, 2005; Block & Calderón-Garcidueñas, 2009; Moulton & Yang, 2012). Estudos *in vitro* indicam que o mercúrio pode afetar processos bioquímicos que se acredita estarem envolvidos na doença de Alzheimer (Cunha, 2008).

Para demonstrar o impacto adverso do mercúrio nos organismos expostos ao ambiente vulcânico, Navarro-Sempere e colaboradores (2020) realizaram um estudo com ratos da região das Furnas, nos quais foi observada a acumulação de mercúrio em várias regiões do cérebro e a sua presença nos vasos sanguíneos cerebrais. Embora estes resultados não forneçam evidências diretas de que o mercúrio está envolvido em distúrbios neurológicos, a sua presença no cérebro é considerada perigosa, uma vez que pode contribuir para alterações neurológicas.

Sendo a linguagem uma tarefa que também envolve funções neurológicas, é importante compreender que foi demonstrado que o mercúrio pode inibir a polimerização da tubulina, levando a uma diminuição na densidade de microtúbulos e desorganização do citoesqueleto axonal (Navarro-Sempere *et al.*, 2021b). Devido a esses fatores, o transporte de elementos neuronais essenciais pode ser afetado, podendo afetar funções neurológicas como a linguagem. Desta forma, é fundamental entender se existem alterações de linguagem em populações expostas a ambiente vulcânico, em particular em grupos mais suscetíveis, como as crianças (Navarro-Sempere *et al.*, 2021b).

As crianças estão expostas ao mercúrio através da poluição, assim como, através do ar, da água, dos alimentos e do solo. O mercúrio circula no meio ambiente, pelo que a exposição é um problema global e não local, sendo capaz de circular pela atmosfera e no meio aquático (Navarro-Sempere *et al.*, 2021b). As crianças são consideradas um grupo extremamente vulnerável às ameaças ambientais. Certos comportamentos infantis como brincar ao ar livre, na areia ou no solo, colocar as mãos na boca, entre outros, são exemplos claros de possível exposição ao mercúrio metálico (Bose-O'Reilly *et al.*, 2010).

Além dos comportamentos infantis que sujeitam as crianças à exposição a riscos, uma vez que elas passam a maior parte do tempo nas escolas, a principal forma de exposição das crianças a riscos está relacionada ao mercúrio elementar (Hg) (Bose-O'Reilly *et al.*, 2010).

As distinções fisiológicas entre crianças e adultos não se limitam apenas às vias metabólicas imaturas. Na verdade, muitos sistemas do corpo das crianças ainda estão em desenvolvimento, tornando-os mais suscetíveis a certas situações e momentos críticos ao longo de seu crescimento. (Organization, 2006; Sly & Pronczuk, 2007). Os momentos críticos, como pré concepção, gestação e período pós-natal, são mais suscetíveis a várias patologias, dependendo do tempo de exposição. O feto e/ou o bebê são particularmente vulneráveis à exposição ao mercúrio, especialmente durante o desenvolvimento sistema nervoso central (Rice & Barone, 2000), tornando-se crucial salientar que as lesões ocorridas durante o desenvolvimento deste sistema, são geralmente irreversíveis (Grandjean, 2007; Murata *et al.*, 2004).

Considerando o acima exposto, o presente estudo tem como principal objetivo verificar se a exposição de um conjunto de crianças ao ambiente vulcânico (Furnas e Ribeira Quente – Ilha de São Miguel) desde o seu nascimento, poderá ter influência no desenvolvimento cognitivo e da linguagem das mesmas nos primeiros seis anos de vida.

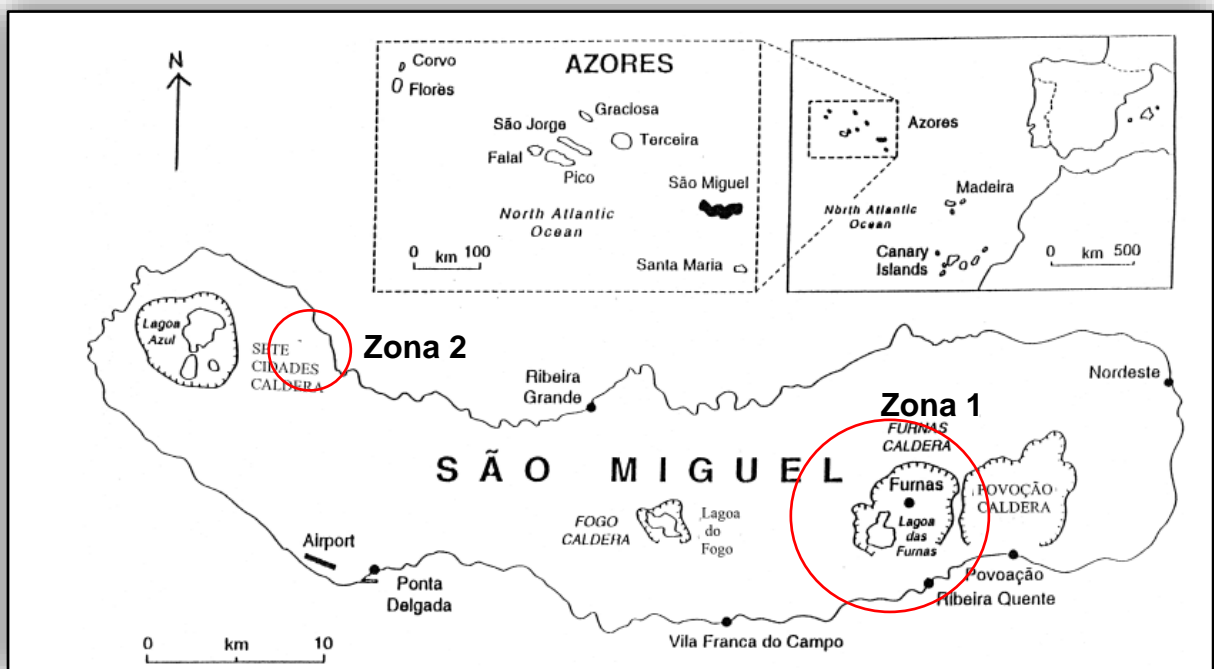
Partindo deste objetivo serão consideradas as seguintes questões:

- a) Será que o ambiente vulcânico a que as crianças estão expostas na região das Furnas teve repercussões no seu desenvolvimento cognitivo?
- b) Será que o ambiente vulcânico a que as crianças estão expostas na região das Furnas teve repercussões no seu desenvolvimento da linguagem?
- c) Os resultados obtidos na área da cognição terão algum impacto nas habilidades linguísticas dos participantes?

### 3. Metodologia

#### 3.1. Caracterização dos locais de estudo

O arquipélago dos Açores é formado por nove ilhas de origem vulcânica e que representam a parte emersa do planalto dos Açores. Devido à sua localização, ocorrem, frequentemente, nestas ilhas, atividades sísmicas e vulcânicas, incluindo as erupções vulcânicas e o vulcanismo secundário, caracterizado por fontes hidrotermais e desgaseificação dos solos (Needham & Francheteau, 1974).



**Figura 2** - Mapa dos três sistemas vulcânicos ativos na Ilha de São Miguel (Furnas, Fogo e Sete Cidades)<sup>3</sup>

A ilha de São Miguel é a maior ilha do arquipélago e é formada por cinco sistemas vulcânicos ativos, constituídos por três vulcões ativos (Sete Cidades, Fogo e Furnas), separados por dois sistemas fissurais (Picos e Congro) e, ainda, por dois sistemas vulcânicos extintos (Povoação e Nordeste) (Figura 2) (Pacheco *et al.*, 2013).

O presente estudo foi realizado na ilha de São Miguel, Açores, Portugal, nomeadamente na freguesia das Furnas e na freguesia da Ribeira Quente (zonas com

<sup>3</sup> Nota: Zona 1 – Zona com vulcanismo ativo; Zona 2 – Zona sem vulcanismo ativo (Baxter & Al., 1999).

hidrotermalismo ativo – grupo de estudo -zona 1) e na freguesia de Santo António (local sem registo de qualquer atividade vulcânica – grupo de referência – zona 2) (Figura 2).

O sistema vulcânico das Furnas é o mais oriental dos três vulcões ativos na Ilha de São Miguel. Este tem a caldeira mais antiga, com cerca de 7 x 5 km e com 290 m de profundidade, e uma caldeira mais recente, com um diâmetro aproximado de 5 km (Guest *et al.*, 1999). As manifestações hidrotermais estão localizadas na Lagoa das Furnas, Vila das Furnas e Ribeira dos Tambores. Existe ainda uma quarta área de fumarolas na Ribeira Quente, no flanco sudeste do vulcão (Caliro *et al.*, 2015).

A freguesia das Furnas (FR) caracteriza-se pelas águas termais e nascentes localizadas, existindo pequenas fumarolas em algumas habitações e jardins. Os gases libertados para a atmosfera são, essencialmente, vapor de água, dióxido de carbono, dióxido de enxofre, sulfureto de hidrogénio e cloreto de hidrogénio. Verifica-se, ainda, a libertação de outros gases, mas em menores quantidades. (Ferreira & Oskarsson, 1999).

Neste estudo foi ainda incluída a freguesia da Ribeira Quente (RQ) como parte integrante da zona 1, porque nesta região denominada de flanco sul do vulcão das Furnas (Ribeira Quente), existem, também, várias áreas com vulcanismo secundário, nomeadamente, a desgaseificação difusa dos solos. Desta forma, esta é também considerada uma zona de vulcanismo ativo (Ferreira *et al.*, 2005).

A freguesia de Santo António (STA) é geologicamente representada como o prolongamento do complexo vulcânico das Sete Cidades, com uma área com cerca de 110 km<sup>2</sup>. Sabe-se que este complexo vulcânico não é caracterizado por campos de fumarolas nem de desgaseificação difusa, apresentando, apenas, manifestações secundárias ligadas à Ponta da Ferraria e à praia dos Mosteiros. Contudo, os participantes deste grupo são da freguesia de Santo António, que dista 40 km destas duas localidades (Queiroz, 1997).

### **3.2. Caracterização dos grupos de estudo**

Esta investigação conta com a participação de 46 crianças residentes nas zonas das Furnas, Ribeira Quente e Santo António, com idades compreendidas entre os seis e os nove anos de idade. Desta forma, e para que fosse evidente a separação entre a população exposta e não exposta a vulcanismo, os participantes foram divididos por dois grupos: um grupo exposto, composto por 27 crianças das Furnas e da Ribeira Quente; e um grupo não exposto, que inclui as 19 crianças da freguesia de Santo António.

A cada um dos participantes foi aplicada uma bateria de testes destinados a avaliar o desenvolvimento da Linguagem (Grelha de Observação da Linguagem – Nível Escolar (GOL-E)) e a função cognitiva (Matrizes Progressivas Coloridas de Raven (CPM)). Para além destes

testes, efetuaram-se análises químicas em amostras de cabelo das crianças, de forma a avaliar o grau de exposição ambiental a metais pesados, em particular ao mercúrio. O representante legal de cada participante respondeu a um questionário para caracterização dos grupos de estudo (Anexo II).

Em conjunto com o questionário, cada representante legal assinou um consentimento informado (Anexo I), autorizando a participação da criança no estudo. Este consentimento informado continha a descrição de toda a informação relativa ao procedimento previsto para as amostras e informações recolhidas, dando ênfase ao facto de que poderiam solicitar a sua exclusão do estudo a qualquer momento e sem qualquer tipo de consequências. Antes do início dos trabalhos, foram realizadas, com as crianças, sessões de esclarecimento sobre os objetivos do projeto. Estas sessões foram ministradas nas escolas das três freguesias, tendo sido convidados os docentes e os encarregados de educação para estarem presentes nas mesmas. Para estas apresentações, foi construído um folheto informativo que foi distribuído à comunidade escolar e a todos os pais presentes nas sessões (Anexo IX).

Este estudo foi aprovado pela Comissão de Ética da Universidade dos Açores (Parecer 7/2023), em que esta verifica que os procedimentos a adotar salvaguardam os aspetos éticos da investigação.

### **3.3. Matrizes progressivas coloridas de *Raven* (CPM)**

As matrizes progressivas coloridas de *Raven* utilizadas no presente estudo estão padronizadas para a população portuguesa com idades compreendidas entre os 6 e os 11 anos de idade. Este é um teste muito utilizado para a definição da inteligência não-verbal, sendo constituído por 36 itens, nos quais as crianças têm de selecionar a resposta correta de entre as 6 opções apresentadas. Estes itens são agrupados em três conjuntos de 12 itens (A, A<sub>b</sub> e o B). O conjunto A requer habilidade visual, o conjunto A<sub>b</sub> diz respeito à habilidade simétrica e o conjunto B engloba as habilidades de pensamento, conceptual e analógico (Raven, 2000; Simões, 1994; Simões, 2000).

O tempo requerido para a aplicação do teste é de, aproximadamente, 20 a 30 minutos. Para a sua realização, cada criança recebe uma folha de resposta e, em conjunto, visualizam imagens projetadas do teste. Os primeiros três itens são apenas explicativos da tarefa que será desempenhada individualmente (Simões, 2000).

Após a cotação de cada teste, as pontuações totais são contabilizadas e as escalas de percentil interpretadas de 1 a 99, sendo o percentil 50 a pontuação média (Anexo IV) (Raven, Raven & Court, 2009).

Quando analisados os percentis de cada participante, percentis  $\geq 95$  enquadram-se no grau I, sendo classificados com inteligência muito superior e Percentis  $\geq 75$  encontram-se no grau II, que é indicativo de inteligência superior (Grau II +/- se a pontuação estiver entre o percentil 90 e 94). Se o intervalo do percentil for de 25 a 75, os participantes enquadram-se no Grau III, que corresponde a inteligência média ou normal (Grau III+ se obtiver pontuação correspondente a um percentil entre 50 e 75; Grau III- se for entre 25 e 50). Pontuações com percentis  $\leq 25$  enquadram-se no Grau IV, que é indicativo de inteligência abaixo da média (Grau IV- se o percentil for  $\leq 10$ ). Pontuações com percentis  $\leq 5$  enquadram-se no Grau V, que revela capacidade intelectual inferior (Raven, Raven & Court, 2009).

### **3.4. Grelha de observação da linguagem – nível escolar (GOL-E)**

Esta prova foi editada pela primeira vez em 2003 e permite, de uma forma rápida, rastrear possíveis perturbações do desenvolvimento da linguagem oral das crianças em idade escolar. Este teste é constituído por três estruturas linguísticas: a Estrutura Semântica, que inclui as provas de definição de palavras, de nomeação de classes e opostos; a Estrutura Morfossintática, que engloba o reconhecimento de frases agramaticais, coordenação e subordinação de frases, a ordem de palavras na frase e derivação de palavras; e a Estrutura Fonológica, que inclui as provas de discriminação de pares de palavras, a discriminação de pseudo-palavras, identificação de palavras que rimam e segmentação silábica (Sua Kay & Santos, 2014).

Esta grelha pode ser aplicada dos cinco anos e sete meses até aos dez anos de idade, sendo que a sua aplicação é individual e com uma duração aproximada de 30 minutos (Anexo III) (Sua Kay & Santos, 2014).

De acordo com os resultados obtidos em cada uma das estruturas é possível definir um percentil para cada criança e, assim, aferir se esta se encontra dentro da norma para a sua faixa etária ou não. As distribuições dos percentis para as três estruturas e para os valores totais da GOL-E variam entre o percentil 5 ( $P_5$ ) e o percentil 90 ( $P_{90}$ ), sendo que se consideram dentro da norma as crianças que obtenham percentil  $\geq 50$  (Sua Kay & Santos, 2014).

### **3.5. Análise de metais em amostras de cabelo**

Aliado aos testes de linguagem e aos testes cognitivos, foi pedido a cada participante uma amostra de cabelo para avaliação do grau de exposição ao meio ambiente, através da determinação da concentração de metais pesados associados à atividade vulcânica.

Uma vez que a angariação de amostras foi limitativa, apenas foi reunido um conjunto de 11 amostras da zona exposta a vulcanismo (Furnas e Ribeira Quente) e 10 da zona não exposta (Santo António).

Em cada amostra foi determinada a concentração de alguns elementos químicos (metais e metaloides) de forma a avaliar o grau de exposição dos indivíduos ao ambiente envolvente e testar potenciais associações entre alguns destes elementos, tais como arsénio (As), cádmio (Cd), chumbo (Pb), manganês (Mn), e mercúrio (Hg) e o desempenho linguístico e cognitivo.

A quantificação destes elementos foi efetuada por espectrometria de massa por plasma acoplado indutivamente (ICP-MS) num laboratório certificado e acreditado (ActLabs, Ativation Laboratories Ltd., Canadá; ISO 9001:2008 e ISO 17025).

Por fim, é importante ressaltar que o interesse em usar o cabelo como indicador dos níveis básicos de metais no corpo humano tem crescido recentemente devido a algumas vantagens em relação à urina ou ao sangue, principalmente, porque o cabelo é um produto metabólico que tem a capacidade reconhecida de refletir a carga de metais no corpo. Além disso, a composição elementar do cabelo reflete a exposição a longo prazo, enquanto o sangue ou a urina representam uma situação atual ou momentânea. A concentração de um metal específico no cabelo revela um equilíbrio no conteúdo mineral do corpo ao longo do tempo, que só pode ser significativamente alterado pela exposição ou ingestão de quantidades elevadas de metais pesados. De acordo com Amaral e colaboradores (2008), foi claramente identificada a presença de metais pesados em amostras de cabelo de homens que residem nas Furnas, nomeadamente de cádmio (Cd), cobre (Cu), chumbo (Pb), rubídio (Rb) e zinco (Zn). No entanto, é de salientar que o mercúrio não foi objeto de estudo no trabalho de Amaral e colaboradores (2008).

### **3.6. Análise estatística**

Primeiramente, para análise dos dados, foi utilizada a estatística descritiva (média e desvio-padrão para variáveis qualitativas) e frequências relativas (variáveis qualitativas).

Foi utilizado o teste de qui-quadrado para comparar dois grupos (de estudo – exposto e de referência – não exposto) no que concerne à distribuição do sexo e dificuldades de aprendizagem (aferida no questionário, Anexo II). Utilizou-se o teste *t-student* para comparação das idades e das pontuações de Q.I. (obtidas no teste CPM) dos dois grupos.

Os resultados obtidos nos dois grupos referentes à GOL-E (estrutura semântica, estrutura morfossintática e estrutura fonológica) foram comparados através do teste não-paramétrico de *Mann-Whitney*, assim como os resultados referentes aos graus de inteligência apurados na CPM.

As associações entre os resultados da GOL-E (estrutura semântica, estrutura morfossintática e estrutura fonológica) e da CPM (graus de inteligência) foram avaliadas através da correlação de *Spearman*.

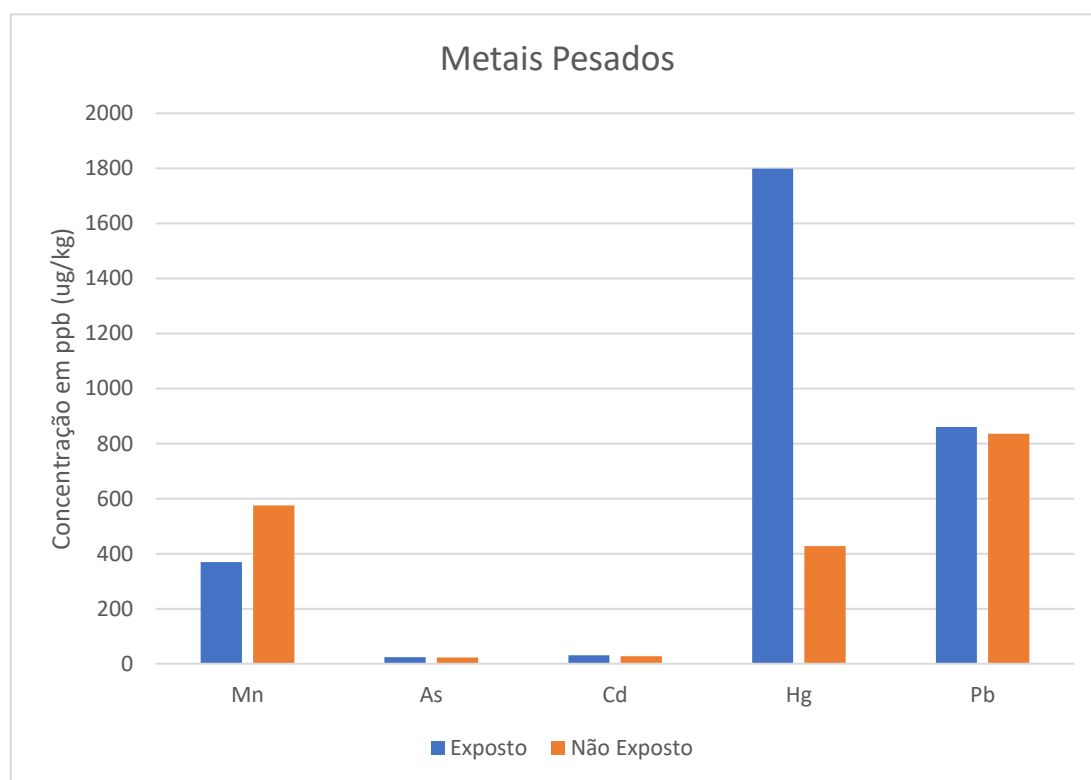
Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando SPSS para Windows (versão 28.0.1.0; IBM SPSS Inc., 2021) e o nível de significância estatístico foi estabelecido em  $p < 0,05$ .

## 4. Resultados

### 4.1. Resultados da análise de cabelos dos participantes

De forma a apresentar evidências relativamente às concentrações de gases tóxicos para a saúde em ambientes vulcânicos, tal como ocorre nas Furnas e na Ribeira Quente, foram analisadas amostras de cabelo de crianças dessas regiões, relativamente à concentração de metais pesados. Os metais pesados referenciados para análise foram o cádmio (Cd), arsénio (As), chumbo (Pb), mercúrio (Hg) e manganês (Mn) (Tabela 9, Anexo VII).

Através da análise da figura 3 podemos verificar que as crianças do grupo exposto apresentam uma concentração média de mercúrio (Hg) no cabelo 4,2 vezes superior à média verificada para crianças no grupo de referência.



**Figura 3** - Representação das concentrações de metais pesados em cada um dos grupos (exposto e não exposto)

Efetuada um teste *t-student* para comparar ambos os grupos para cada um dos metais pesados, pode-se concluir, conforme consta na tabela 10 do anexo VIII, que apenas o mercúrio se apresenta com uma concentração significativamente diferente entre os dois grupos, sendo bastante mais elevado no grupo exposto ( $t(19) = 2,985$ ,  $p = 0,013$ ).

## 4.2. Dados Sociodemográficos da população

Foram analisadas as competências linguísticas e cognitivas de 46 crianças com idades compreendidas entre os 6 e os 10 anos de idade. A tabela 2 retrata as características sociodemográficas da população em estudo, ou seja: caracterização etária, sexo e local de residência.

**Tabela 2** - Características sociodemográficas da população em estudo

Amostra (N)		46
<b>Idade (%)</b>		
6 anos		4,3%
7 anos		21,7%
8 anos		34,8%
9 anos		39,1%
<b>Escola</b>		
Furnas e Ribeira Quente		58,7%
Santo António		41,3%

Estas 46 crianças foram divididas em dois grupos de estudo, o grupo exposto a vulcanismo ativo e o grupo não exposto, sendo que 27 são crianças do primeiro grupo mencionado (das escolas da Ribeira Quente e Furnas) e 19 do grupo não exposto de crianças de Santo António. A média ( $\pm$  erro padrão) de idades foi de  $8.32 \pm 0.154$  e de  $7.93 \pm 0.192$  para o grupo não exposto e para o exposto (Tabela 3), respetivamente; a média de idades não diferiu significativamente entre os dois grupos ( $t(44)=-1.482$ ,  $p=0,145$ ) (Tabela 11 do Anexo VIII).

**Tabela 3** - Estatísticas de grupo relativamente à idade

Grupo de Estudo	N	Média	Erro Desvio	Erro padrão da média	
idade	Exposto (RQ e F)	27	7,93	0,997	0,192
	Não exposto (STA)	19	8,32	0,671	0,154

De acordo com os dados da variável “sexo” destas crianças, sabe-se que, no grupo não exposto existem 47,4% de crianças do sexo feminino e 52,6% do sexo masculino. No grupo exposto existem 51,9% de crianças do sexo feminino e 48,1% do sexo masculino (Tabela 4).

**Tabela 4** - Estatísticas dos grupos de estudo relativamente ao sexo

		Grupo de Estudo				Total	
		Não exposto (STA)		Exposto (RQ e FR)		N	%
		N	%	N	%		
Sexo	Feminino	9	47,4%	14	51,9%	23	50,0%
	Masculino	10	52,6%	13	48,1%	23	50,0%
<b>Total</b>		19	100,0%	27	100,0%	46	100,0%

Analisando a variável “sexo” nos os dois grupos de estudos, verifica-se que a distribuição desta variável nos dois grupos de estudo não diferiu significativamente ( $\chi^2 (1)=0,09$ ,  $p=0,765$ ) (Tabela 12 do Anexo VIII).

A partir de cada um destes grupos, foi também possível fazer um levantamento das crianças que já têm diagnóstico de dificuldades de aprendizagem e aquelas que têm pais fumadores. No grupo não exposto 44,4% dos pais são não fumadores, enquanto no grupo exposto apenas 37% dos pais são não fumadores (Tabela 5). Contudo, a distribuição dos hábitos tabágicos dos pais entre os dois grupos não diferiu significativamente ( $\chi^2 (4)=2,292$ ,  $p=0,682$ ) (Tabela 13 do Anexo VIII).

**Tabela 5** - Estatísticas dos grupos de estudo relativamente aos hábitos tabágicos dos pais

		Grupo de Estudo				Total	
		Não exposto (STA)		Exposto (RQ e FR)		N	%
		N	%	N	%		
Pais Fumadores	Não	8	44,40%	10	37,00%	18	40,00%
	Sim, ambos	4	22,20%	5	18,50%	9	20,00%
	Sim, o pai	5	27,80%	7	25,90%	12	26,70%
	Sim, a mãe	0	0,00%	3	11,10%	3	6,70%
	Sim, mas sem a presença dos filhos	1	5,60%	2	7,40%	3	6,70%
<b>Total</b>		18	100,00%	27	100,00%	45	100,00%

No que respeita às dificuldades de aprendizagem, 41,5% e 58,5% (Tabela 6) das crianças do grupo não exposto e do grupo exposto, respetivamente, não apresentam dificuldades de aprendizagem, sendo que esta variável não diferiu significativamente entre os dois grupos ( $\chi^2 (2)=0,759$ ,  $p=0,684$ ) (Tabela 14 do Anexo VIII). Contudo, é importante

salientar, que nem todos os encarregados de educação/tutores legais responderam a esta questão no questionário entregue previamente.

**Tabela 6** - Estatísticas dos dois grupos de estudo e as Dificuldades de Aprendizagem

		Grupo de Estudo		Total	
		Não exposto (STA)	Exposto (RQ e FR)		
Dificuldades de Aprendizagem	Não	Contagem	17	24	41
		% de Dificuldades de Aprendizagem	41,50%	58,50%	100,00%
	Sim	Contagem	1	2	3
		% de Dificuldades de Aprendizagem	33,30%	66,70%	100,00%
	Sim, Discalculia	Contagem	0	1	1
		% de Dificuldades de Aprendizagem	0,00%	100,00%	100,00%
Total	Contagem	18	27	45	
	% de Dificuldades de Aprendizagem	40,00%	60,00%	100,00%	

#### 4.3. Matrizes coloridas progressivas de *Raven* (CPM) vs. Teste de linguagem (GOL-E)

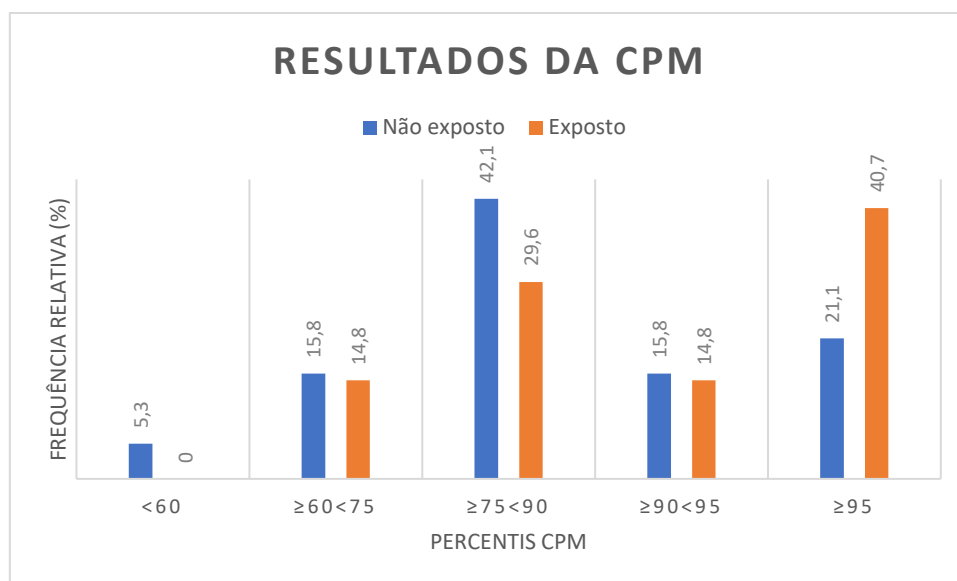
As matrizes CPM podem dar-nos resultados por idade ou por ano escolar, mas uma vez que o teste de linguagem GOL-E define percentis em função da idade dos participantes, foram analisados os resultados das CPM por idade para que este se constitua como um elemento facilitador de comparação dos dois elementos de avaliação.

Os resultados da CPM por idade são apresentados em pontuação total, em percentil e em classes e encontram-se representados na tabela 7 do anexo V.

Todos os participantes apresentaram resultados dentro da norma (faixa verde no percentil, Anexo V, Tabela 7) relativamente à sua faixa etária, à exceção do participante de código RQ7, sendo que este participante foi retirado do estudo, por não ter efetuado o teste de linguagem.

Relativamente aos resultados da CPM em classes organizadas por percentil, não se observaram diferenças significativas em relação aos dois grupos ( $U=315$ ,  $p=0,173$ ) (Tabela 15 do Anexo VIII).

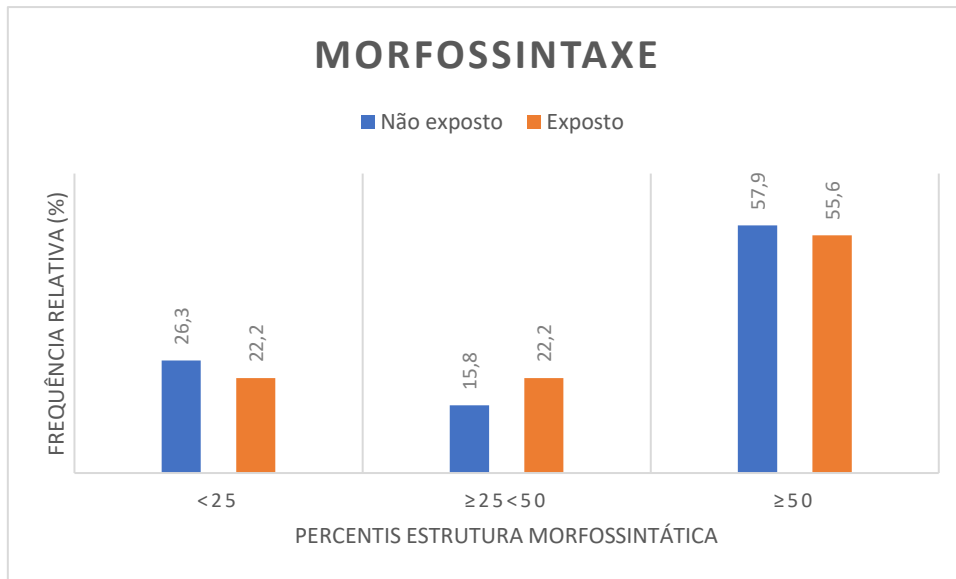
O grupo exposto engloba crianças com resultados que as colocam maioritariamente em percentis acima dos 95 (40,7%), em contrapartida o grupo não exposto inclui mais crianças com resultados entre os percentis 75 e os 90 (42,1%) (Figura 4).



**Figura 4** - Frequências relativas dos percentis obtidos no teste CPM para os dois grupos de estudo

Ainda de acordo com os resultado da CPM, comparou-se a pontuação total obtida pelas crianças nos dois grupos; contudo, não foram observadas diferenças significativas entre estes ( $t(44)=-0,405$ ,  $p=0,687$ ) (Tabela 16 do Anexo VIII).

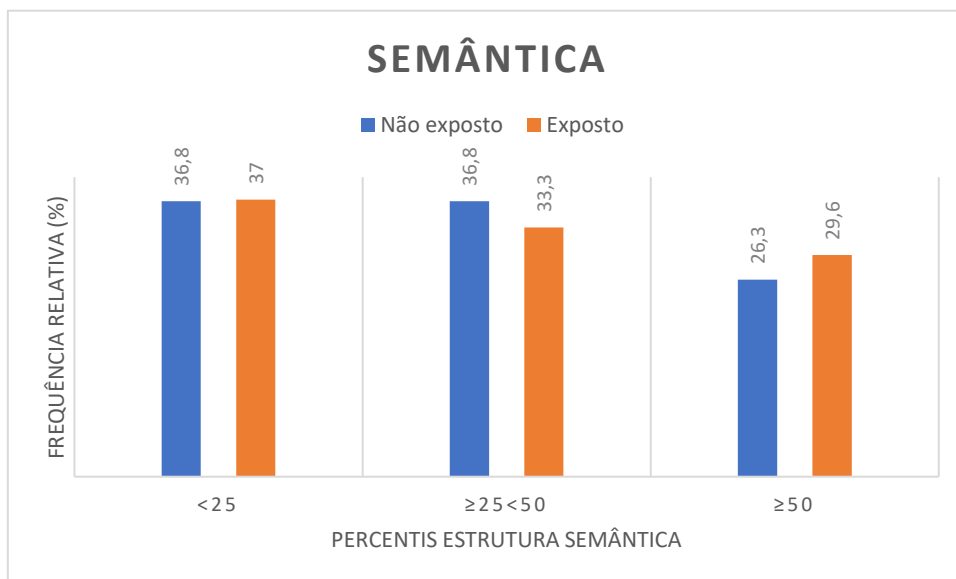
No teste de Linguagem (GOL-E) os resultados foram divididos em cada uma das três estruturas avaliadas: a estrutura semântica, a estrutura morfossintática e a estrutura fonológica. Os resultados da GOL-E por idade, em percentis, encontram-se representados em anexo (Anexo VI, Tabela 8). Considerando os resultados da GOL-E, e dando foco à estrutura morfossintática, a figura 5 indica que, nos dois grupos, a maioria dos resultados encontram-se acima do percentil 50 (57,9% - grupo não exposto e 55,6% - grupo exposto), ou seja, esta estrutura apresenta-se adquirida em mais de metade dos dois grupos de crianças.



**Figura 5** - Resultados da estrutura morfofossintática em cada grupo de estudo (exposto e não exposto)

Aplicando o teste de *Mann-Whitney*, conclui-se que os resultados obtidos na estrutura morfofossintática nos dois grupos de estudo não apresentam diferenças significativas ( $U=256,5$ ,  $p=1$ ) (Tabela 17 do Anexo VIII).

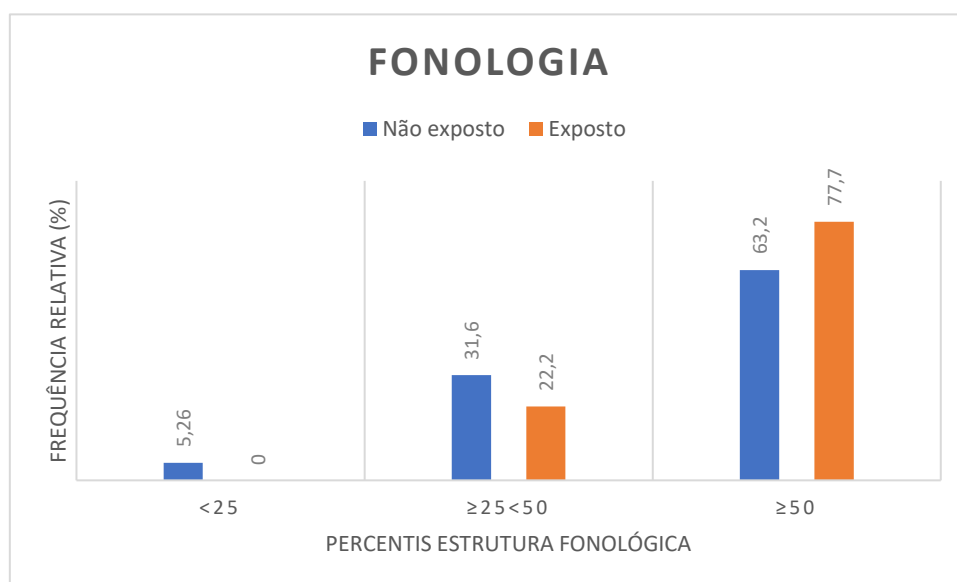
Relativamente à estrutura semântica, esta mostra-nos que a prevalência é maior em resultados abaixo do percentil 25, sendo 36,8% no grupo não exposto e 37% no grupo exposto. Pode-se considerar que esta estrutura não se encontra adquirida pela maior parte das crianças (Figura 6).



**Figura 6** - Resultados da estrutura semântica em cada grupo de estudo (exposto e não exposto)

Perante estes resultados, e analisando a relação entre as duas variáveis, grupo de estudo e estrutura semântica, retira-se que esta não apresenta diferenças significativas entre os dois grupos ( $U=261,5$ ,  $p=0,906$ ) (Tabela 18 do Anexo VIII).

Na estrutura fonológica foi onde se obteve melhores resultados em cada grupo de estudo, sendo que, no grupo exposto, se obtiveram 77,7% de resultados acima do percentil 50 e no grupo não exposto 63,2% (Figura 7).



**Figura 7** - Resultados da estrutura fonológica em cada grupo de estudo (exposto e não exposto)

Analisando estes resultados de acordo com teste de *Mann-Whitney*, verifica-se que a estrutura fonológica não evidencia diferenças significativas entre os dois grupos de estudo ( $U=297$ ,  $p=0,249$ ) (Tabela 19 do Anexo VIII).

Resumindo os resultados patentes nestas estruturas, observa-se que as crianças avaliadas no grupo exposto e no grupo não exposto a vulcanismo ativo obtiveram piores resultados na estrutura semântica e melhores na estrutura fonológica.

Uma vez que já estão apresentados os resultados de avaliação psicológica e os resultados do teste de linguagem, foi efetuada a análise que correlaciona os resultados obtidos nos dois testes. Para testar a associação entre as variáveis em causa, utilizou-se a correlação de *Spearman*. Os resultados espelham que não existem associações significativas entre os resultados obtidos no teste GOL-E e os resultados da CPM (Correlações de *Spearman*, todos os  $p>0,05$ ; Tabela 20 do Anexo VIII).

## 5. Discussão e Conclusão

A poluição do ar é uma grande preocupação de saúde pública, devido ao extenso número de estudos que estabeleceram conexões entre a exposição prolongada e os efeitos adversos à saúde. Embora alguns estudos tenham demonstrado a relação entre a exposição crónica à poluição causada pela atividade humana e os impactos no sistema nervoso, poucos se dedicaram a investigar esses efeitos em relação à poluição vulcânica (Navarro-Sempere, *et al.*, 2021b)

O arquipélago dos Açores, nomeadamente a ilha de São Miguel, possui vários locais onde ocorrem manifestações de vulcanismo ativo, como nas Furnas e na Ribeira Quente, que por diversos motivos têm sido alvo de pesquisa em saúde ambiental devido à constante libertação de gases com propriedades tóxicas, como é o caso do mercúrio (Hg). Estudos prévios, com estas populações, indicaram que estas áreas vulcânicas estão correlacionadas com um aumento na incidência de uma ampla variedade de doenças, tal como destacado por Navarro-Sempere e os seus colaboradores (2020). Neste estudo, foi evidenciada a primeira descoberta sobre acumulação de depósitos de mercúrio no cérebro de ratos da região das Furnas e a sua possível influência nas funções neurológicas. Mais tarde, Navarro-Sempere (2021a), evidenciaram a existência de processos inflamatórios no cérebro de ratos que vivem em ambientes vulcânicos, aumentando a consciencialização sobre possíveis riscos no SNC. Em 2023, Navarro-Sempere e a equipa, realçaram a perigosidade para a saúde humana e animal relativamente à exposição a ambiente vulcânico não eruptivo, pois foram mencionados dados sobre a acumulação de mercúrio no cérebro. No entanto, ainda é pouco o conhecimento acerca das implicações do ambiente vulcânico no sistema nervoso das pessoas que residem nestas zonas (Navarro-Sempere, *et al.*, 2021b).

Dos resultados obtidos referentes à quantificação de metais pesados no cabelo das crianças residentes nas regiões suprarreferidas, classificadas como zonas de vulcanismo ativo, comprovou-se que as crianças expostas ao ambiente vulcânico têm uma elevada quantidade de Hg no cabelo, contrariamente ao verificado nas crianças da freguesia de Santo António, que foi o grupo de referência. A exposição e a consequente inalação de mercúrio (Hg) poderão contribuir para o desenvolvimento de sintomas como a labilidade emocional (irritabilidade, excitação e insónias), fraqueza muscular, entre outros (Rebelo, 2016). Não obstante, para que fosse possível aferir o desenvolvimento de sintomas na população estudada, seria necessária aplicação de outro tipo de observação destas crianças, bem como uma diferente testagem. Ainda assim, as quantidades de mercúrio (Hg) destacadas nesta análise, podem estar relacionadas não só pela exposição ao mercúrio libertado pela atividade vulcânica, mas também, podemos considerar que as crianças possam ter estado expostas a

metilmercúrio (MeHg) através da mãe, no momento da amamentação ou através da sua alimentação, quando a mesma é à base de peixe. O MeHg é um composto que tem a capacidade de atravessar a barreira hematoencefálica, logo, o cérebro do feto está mais suscetível aos efeitos tóxicos do mercúrio comparativamente ao cérebro do adulto (Cunha, 2008; Lima, 2018).

As concentrações de Hg detetadas nas análises de cabelo das crianças das Furnas e Ribeira Quente (1799ppb), podem ser consideradas elevadas e representar toxicidade para estes indivíduos. Comparativamente com os trabalhos desenvolvidos por Evrenoglou (2017), Zhou (2021) e Chojnacka *et al.* (2012), os valores obtidos na população residente nas Furnas e Ribeira Quente revelam-se mais elevados, sendo que o valor mínimo aferido foi, aproximadamente, 600 ppb (partes por bilião) e o máximo de cerca de 2570ppb. Na Grécia, em regiões urbanas, os valores de mercúrio detetados em crianças foram de cerca de 520 ppb (0,52µg/g) (Evrenoglou *et al.*, 2017). Quando nos focamos num estudo desenvolvido na China em crianças com Perturbação do Espetro do Autismo e Paralisia Cerebral, os valores de Hg encontram-se entre 283 ppb (0,283 µg/g) e 350 ppb (0,350 µg/g), respetivamente. (Zhou *et al.*, 2021). De acordo com Saraee *et al.* (2012), em crianças iranianas que viviam na rua, expostas a todos os elementos de poluição da cidade de Isfahan, a média de mercúrio em amostras de cabelo rondava os 200 ppb. Por outro lado, Chojnacka *et al.* (2012), referem que a média de concentração de mercúrio em amostras de cabelo de pessoas residentes em zonas industriais da Roménia rondava os 218 ppb.

Estes resultados revelam que o risco a que estes habitantes de zonas de vulcanismo estão sujeitos, relativamente a doenças e perturbações do foro neurológico, é potencialmente muito mais elevado do que noutras regiões, tal como também já foi referido por Navarro-Sempere *et al.* (2021b). Uma vez que a linguagem é um processo que envolve maturidade neurológica, sentiu-se a necessidade de perceber se esta área se encontra comprometida nestas populações. Deste modo, neste estudo foram analisadas diversas variáveis referentes à cognição e ao desempenho linguístico das crianças. Como o desenvolvimento cognitivo está associado ao desenvolvimento linguístico, neste estudo foram considerados testes de linguagem e testes de desenvolvimento cognitivo. A literatura diz-nos que quanto melhor for o desenvolvimento da linguagem das crianças, mais hábeis elas serão em comunicar os seus pensamentos, os seus sentimentos, as suas ideias, as suas intenções e também compreender os mesmos processos nos outros (Sargiani & Maluf, 2018). Quando comparados os resultados aferidos para os dois grupos de estudo, verificou-se que todas as crianças apresentam uma função cognitiva normal (i.e., acima do percentil 25). Assim, foi possível concluir que todas as crianças possuíram o desenvolvimento cognitivo necessário a um adequado desenvolvimento da linguagem, sabendo que este último pode ser afetado por

muitos outros fatores externos que comprometem o seu desenvolvimento, nomeadamente o nível socioeconómico, o ambiente familiar e tempo de frequência na creche e jardim de infância (Dias *et al.*, 2019). No teste de linguagem GOL-E existem três estruturas predominantes (semântica, morfossintaxe e fonologia). Ao comparar com os dois grupos de estudo, verificou-se que a estrutura semântica ainda se encontra em aquisição na maioria dos participantes, sendo que, atendendo à idade dos mesmos, esta estrutura já deveria estar adquirida. A semântica é um ramo da linguagem que trata especificamente o significado das palavras, a relação entre elas e as modificações que estas sofrem ao longo do tempo e do espaço. As crianças facilmente acedem às palavras que correspondem ao mundo que as rodeia, por isso o conhecimento do mundo influencia a aquisição do significado das mesmas (Sua Kay & Santos, 2014). Se a neurotoxicidade do mercúrio afeta desde a infância à adolescência, os seus efeitos adversos prendem-se com a atenção, memória visual, memória operacional, entre outras, processos cognitivos que estão inteiramente relacionadas com a consolidação de conceitos e aprendizagem dos seus significados (Lima, 2018). No entanto, o facto da estrutura semântica se apresentar comprometida nos dois grupos, não nos permite concluir do papel da neurotoxicidade do mercúrio neste resultado, podendo o mesmo estar a ser comprometido em cada um dos grupos por fatores diferentes que importa apurar em estudos futuros.

Para que, futuramente, na continuação desta investigação, os resultados apresentem-se como significativamente relevantes tanto a nível cognitivo como ao nível da linguagem, será necessário aumentar o tamanho da amostra e seleccionar outros testes que deem robustez ao estudo, nomeadamente incluir a WISC-III (Escala de Inteligência de Wechsler para Crianças - 3ª Edição) que permitirá desenhar o perfil cognitivo de crianças dos 6 aos 16 anos ao longo da aplicação de treze subtestes (Cruz, 2005). De realçar que as CPM só avaliam a inteligência não verbal, podendo este teste não ser suficiente para uma análise mais detalhada, quer dos aspetos específicos da inteligência que se podem apresentar comprometidos pela neurotoxicidade do mercúrio, quer para o estudo do reflexo destes aspetos na aquisição da linguagem, facto último corroborado pela ausência de associação entre os resultados da CPM e os testes da linguagem que nos mostram da multideterminação da competência linguística. Relativamente à linguagem, seria importante a introdução de um teste que possa ser aplicado a crianças entre os 2 anos e 6 meses e os 6 anos, nomeadamente o TALC (Teste de Avaliação da Linguagem na Criança) que nos permitirá obter dados, tanto da expressão como da compreensão (semântica e morfossintaxe), permitindo ainda integrar a área da pragmática, responsável pelas funções comunicativas.

Neste universo de crianças, a maioria apresenta idades compreendidas entre os 8 e os 9 anos, sendo esta uma limitação ao estudo e uma possível causa para os resultados

apresentados nas avaliações. A faixa etária do 0 aos 5 anos é a mais importante no que toca à aquisição e desenvolvimento da linguagem, pois, desta forma, podem ser detetadas precocemente alterações a este nível antes da entrada na escola (Sim-Sim, 1998).

Para além destas sugestões e, para que se possa identificar com mais clareza outras fontes de exposição ao mercúrio a que estas crianças estão patentes, para além do Hg gasoso, seria importante reformular o questionário previamente entregue aos pais/encarregados de educação e incluir questões destinadas ao tipo de alimentação das crianças, mais precisamente conferir se estas consomem peixe e com que frequência isto ocorre.

Embora os resultados deste estudo não tenham revelado diferenças significativas para a função cognitiva e para o desenvolvimento da linguagem entre os dois grupos de crianças, o grupo de crianças expostas ao vulcanismo apresentou níveis de mercúrio cerca de 4 vezes superior ao grupo de crianças não expostas a este ambiente. Deste modo, e do nosso conhecimento, este estudo constituiu-se como uma primeira abordagem a este tema na Região Autónoma dos Açores, sendo que a investigação internacional nesta área nos mostra a importância de se manter a investigação nestas regiões, tanto em população adulta como na população infantojuvenil, para que os resultados sejam cada vez mais precisos e seja possível enumerar quais as possíveis alterações neurológicas a que as populações residentes em zonas de vulcanismo ativo estão expostas, tornando-as ativas na monitorização das concentrações de Hg e na vigilância de questões de saúde.

## 6. Referências Bibliográficas

- Aiuppa, A., Dongarra, G., Valenza, M., Federico, C., & Pecoraino, G. (2003). Degassing of trace volatile metals during the 2001 eruption of Etna. Washington DC American Geophysical Union Geophysical Monograph series, pp. 41-54.
- Allard, P., Aiuppa, A., Loyer, H., Carrot, F., Gaudry, A., Pinte, G., & al., e. (2000). Acid gas and metal emission rates during long-lived basalt degassing at Stromboli volcano. Geophysical Research Letter, pp. 1207-1210.
- Allen, J. L., Oberdorster, G., Morris-Schaffer, K., Wong, C., Klocke, C., & Sobolewski, M. (2017). Developmental neurotoxicity of inhale ambient ultrafine particle air pollution: parallels with neuropathological and behavioral features of autism and other neurodevelopmental disorders. Neurotoxicology, pp. 140-154.
- Amaral, A., & Rodrigues, A. (2007). Chronic exposure to volcanic environments and chronic bronchitis incidence in the Azores. Environmental Research, pp. 419-423.
- Amaral, A., & Rodrigues, A. (2011). Vulcanogenic contaminants: chronic exposure. Encyclopedia of environmental health, pp. 681-689.
- Amaral, A., Arruda, M., Cabral, S., & Rodrigues, A. (2008). Essential and non-essential trace metals in scalp hair of men chronically exposed to volcanogenic metals in the Azores, Portugal. Environment International, pp. 1104-1108.
- Amaral, A., Cruz, J. V., Cunha, R. T., & Rodrigues, A. S. (2006a). Baseline levels of metals in volcanic soils of the Azores (Portugal). Soil and Sediment Contamination, pp. 123-130.
- Amaral, A., Rodrigues, V., Oliveira, J., Pinto, C., Carneiro, V., & Sanbento, R. E. (2006b). Chronic exposure to volcanic environments and cancer incidence in the Azores Portugal. Science of the Total Environmental, pp. 123-128.

- Anderson, L. M., Shinn, C., Fullilove, M. T., Scrimshaw, S. C., Fielding, J. E., & Normand, J. C.-K. (2003). Task Force on Community Preventive Services. The effectiveness of early Childhood development programs. *Am J Prev. Med.*, pp. 32-46.
- Andrade, C. R. (1997). Prevalência das desordens idiopáticas da fala e da linguagem em crianças de um a onze anos de idade. *Saúde Pública*, pp. 495-501.
- Aneja, S. (1999). Evaluation of a child with communication disorder. *Indian Pediatrics*, pp. 887-890.
- ASHA, A. S. (1982). Central auditory processing: current status of research and implications of clinical practice. Rockville: ASHA.
- Bagnato, E., Aiuppa, A., Parello, F., Allard, P., Shinohara, H., Liuzzo, M., & al., e. (2011). New clues on the contribution of Earth's volcanism to the global mercury cycle. *Bulletin of Volcanology*, pp. 497-510.
- Bagnato, E., Barra, M., Cardellini, C., Chiodini, G., Parello, F., & Sprovieri, M. (2014). First combined flux chamber survey of mercury and CO<sub>2</sub> emissions from soil diffuse degassing at Solfatara of Pozzuoli crater, Campi Flegrei (Italy): Mapping and quantification of gas release. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, pp. 26-40.
- Bagnato, E., Viveiros, F., Pacheco, J. E., D'Agostinho, F., Silva, C. & Zanon, V. (2018). Hg and CO<sub>2</sub> emissions from soil diffuse degassing and fumaroles at Furnas Volcano (São Miguel Island, Azores): Gas flux and thermal energy output. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 190, pp. 39-57.
- Baxter, P., & Al., E. (1999). *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 92. *Journal of Volcanology and Geothermal*, pp. 95-106.
- Block, M. L., & Calderón-Garcidueñas, L. (2009). Air pollution: mechanisms of neuroinflammation and CNS disease. *Trends in Neuroscience*, pp. 506-516.

- Bose-O'Reilly, S., McCarty, K. M., Steckling, N. & Lettmeier, B (2010). Mercury Exposure and Children's Health. *Curr Probl Pediatr Adolesc Health Care*. 2010 September; 40(8): pp. 186–215.
- Brown, J. R., Darley, F. L., & Gomez, M. R. (1967). Disorders of communication. *Pediatric Clin North Am*, pp. 725-748.
- Bühler, K. E. B., Flabiano, F. C., Limongi, S. C. O. & Befi-Lopes, D. M. (2008). Protocolo para Observação do Desenvolvimento Cognitivo e de Linguagem Expressiva (PODCLE). *Ver Soc Bras Fonoaudiol*. pp. 60-68.
- Calderón-Garcidueñas, L., Azzarelli, B., Acuna, H., Garcia, R., Gambling, T. M., Osnaya, N., & al., e. (2002). Air pollution and brain damage. *Toxicologic Pathology*, pp. 373-389.
- Caliro, S., Viveiros, F., Chiodini, G., & Ferreira, T. (2015). Gas geochemistry of hydrothermal fluids of the S.Miguel and Terceira islands, Azores. *Geochim. Cosmochim*, pp. 43-57.
- Campbell, A., Oldham, M., Becaria, A., Bondy, S. C., Meacher, D., Sioutas, C., & al., e. (2005). Particulate matter in polluted air may increase biomarkers of inflammation in mouse brain. *Neurotoxicology*, pp. 133-140.
- Casas-Fernández, C. (2000). Lenguaje y epilepsia. *Revista Neurol Clin.*, pp. 103-114.
- Castaño, J. (2003). Bases Neurobiológicas del lenguaje y sus alteraciones. *Rev. Neurol.*, pp. 781-785.
- Chojnacka, K., Saeid, A., Michalak, I. & Mikulewicz, M. (2012). Effects of Local Industry on Heavy Metals Content in Human Hair. *Pol. J. Environ. Stud*. Vol. 21(6). pp. 1563-1570.
- Cromer, R. F. (1974). The development of language and cognition: the cognition hypothesis. Em B. Foss, *New perspectives in child development*. Harmondsworth: Penguin.
- Cromer, R. F. (1979). The strengths of the weak form of the cognition hypothesis for language acquisition. Em V. Lee, *Language Development*. Londres: Open University.

- Cruz, M. B. (2005). WISC-III: Escala de Inteligência Wechsler para crianças: Manual. Avaliação Psicológica. pp. 199-201.
- Cunha, M. E. (2008). Interações entre Mercúrio e Sistemas Biológicos.
- Damasio, A. R. (1992). Brain and language. Sci Am, pp. 63-71.
- Delmelle, P., & Stix, J. (2000). Volcanic gases. Em H. Sigurdsson, B. F. Houghton, S. R. McNutt, H. Rymer, & J. Stix, Encyclopedia of volcanoes (pp. 803-816). San Diego: Academic Press.
- Dias, N. M., Bueno, J. O., Pontes, J. M. & Mecca, T. P. (2019). Linguagem oral e escrita na Educação Infantil: relação com variáveis ambientais. Revista Psicologia Escolar e Educacional. Volume 23. pp. 1-10.
- Durand, M., Florkowski, C., George, P., Walmsley, T., Weinstein, P., & Cole, J. (2004). Elevated trace element output in urine following acute volcanic gas exposure. Volcanol Geoth Res, pp. 139-148.
- Edwards, B. A., Kushener, D. S., Outridge, P. M., & Wang, F. (2021). Fifty years of volcanic mercury emission research: Knowledge gaps and future directions . Science of the total environment.
- Eickmann, S. H., Lira, P. I., & Lima, M. C. (2002). Desenvolvimento mental e motor aos 24 meses de crianças nascidas a termo com baixo peso. Arq. Neuropsiquiatria, pp. 748-754.
- Evrenoglou, L., Partsinevelou, A. S., & Nicolopoulou-Stamati, P. (2017). Correlation between concentrations of heavy metals in children's scalp hair and the environment. A case study from Kifissos River in Attica, Greece. Global NEST Journal, pp. 592-600.
- Fernandes, E. (2003). Teorias de aquisição da linguagem. Em M. Goldefeld, Fundamentos em Fonoaudiologia: linguagem (pp. 1-13). Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.

- Ferreira, T., & Oskarsson, N. (1999). Chemistry and isotope composition of fumarole discharges of Furnas caldera. *J. Volcanol. Geotherm. Res* 92, pp. 169-179.
- Ferreira, T., Gaspar, J. L., Viveiros, F., Marcos, M., Faria, C., & Sousa, F. (2005). Monitoring of fumarole discharge and CO<sub>2</sub> soil degassing in the Azores: Contribution to volcano surveillance and public health risk assessment. *Ann. Geophys*, pp. 787-796.
- Figuieras, A. C., Souza, I. C., & Rios, V. G. (2005). Manual de vigilância do desenvolvimento infantil no contexto da AIDIPI. Washington, DC: OPAS - Organização PAn-Americana da Saúde.
- Finkelstein, M. M., & Jerret, M. (2007). A study of the relationships between Parkinson's disease and markers of traffic-derived and environmental manganese air pollution in two Canadian cities. *Environmental Research*, pp. 420-432.
- França, M. P., Wolf, C. L., Moojen, S., & Rotta, N. T. (2004). Aquisição da linguagem oral. *Arq. Neuropsiquiatria*, pp. 211-217.
- Friche, C. P. (2011). Fatores associados às alterações de linguagem oral em escolares de 6 a 10 anos de idade em Belo Horizonte. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais - Faculdade de Medicina.
- Geschwind, N., & Galaburda, A. M. (1995). Cerebral Lateralization. Biological Mechanisms, Associations and Pathology. *Arch Neurol.*, pp. 428-459.
- Grandjean, P. (2007). Methylmercury toxicity and functional programming. *Reprod Toxicol.*
- Guest, J., Gaspar, J., Cole, P., Queiroz, G., Duncan, A., Wallenstein, N., . . . Pacheco, J. (1999). Geologia vulcânica do Vulcão das Furnas, São Miguel, Açores. *J.Vulcão. Geotérmica*, pp. 1-29.
- Gustin, M., Lindberg, S., & Weisberg, P. (2008). An update on the natural sources and sinks of atmospheric mercury. *Applied Geochemistry*, pp. 482-493.
- Guyton, A. C. (1989). Tratado de fisiologia médica. Rio de Janeiro: Editora Guanabara.

- Kelman, I., & Mather, T. (2008). Living with volcanoes: the sustainable livelihoods approach for volcano-related opportunities. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 172(3-4), pp. 189-196.
- Krabbenhoft, D., & Schuster, P. (2002). Glacial ice cores reveal a record of natural and anthropogenic atmospheric mercury deposition for the last 270 years. US Geological Fact Sheet.
- Kungolos, A. (2006). *Toxicologia Ambiental*. Boston: WIT.
- Lamprecht, R. R., & Al., E. (2004). *Aquisição fonológica do português: perfil de desenvolvimento e subsídios para terapia*. Porto Alegre: Artmed.
- Lima, C. S. (2018). *Efeitos Neuropsicológicos da Exposição ao mercúrio e crianças e adolescentes da Região do rio Madeira - Rondônia*. Salvador: Universidade Federal da Bahia - Instituto de Psicologia.
- Linhares, D., Garcia, P., Viveiros, F., Ferreira, T., & Rodrigues, A. (2015). air pollution by hydrothermal volcanism and human pulmonary function. *BioMed Research International*, pp. 1-10.
- Linhares, D., Pimentel, A., Borges, C., Cruz, J. V., Garcia, P., & Rodrigues, A. (2019). Cobalt distribution in the soils of São Miguel Island (Azores): From volcanoes to health effects. *Science of the total Environment*, pp. 715-721.
- Liu, G., Cai, y., O'Driscoll, N., Feng, X., & Jiang, G. (2012a). Overview of mercury in the environment. Em G. Liu, y. Cai, & N. O'Driscoll, *Environmental chemistry and toxicology of mercury* (pp. 1-12). Wiley: Hoboken.
- Liu, M. C., Liu, X. Q., Wang, W., Shen, X. F., Che, H. L., & Guo, Y. Y. (2012b). Involvement of Microglia activation in the lead induced long-term potentiation impairment. *PLoS ONE*, 1-10.

- Mather, T., Pyle, D., & Oppenheimer, C. (2003). Tropospheric volcanic aerosol. In A. Robock & C. Oppenheimer (Eds.), *Volcanism and the Earth's atmosphere*. Washington DC: American Geophysical Union., pp. 189-212.
- McCarty, M. E. (2000). Actions with tools. *Enfance*, pp. 249-257.
- Moll, S. (2013). Etapas do Desenvolvimento da Linguagem Oral. Retirado de: <https://psicosol.com/tabela-com-desenvolvimento-da-linguagem/>.
- Moulton, P. V., & Yang, W. (2012). Air pollution, oxidative stress and Alzheimer's disease. *Environmental Research and Public Health*, pp. 1-9.
- Mousinho, R., Schmid, E., Pereira, J., Lyra, L., Mendes, L., & Nóbrega, V. (2008). Aquisição e Desenvolvimento da Linguagem: Dificuldades que podem surgir neste percurso. *Revista de Psicopedagogia*, pp. 297-306.
- Murata, K., Weihe, P., Budtz-Jorgensen, E., Jorgensen, P., & Grandjean, P. (2004). Delayed brainstem auditory evoked potential latencies in 14-year-old children exposed to methylmercury. *JPediatr*.
- Navarro-Sempere, A., Segovia, Y., Rodrigues, A. G., Camarinho, R., & García, M. (2020). First Record on mercury accumulation in mice brain living in active volcanic environments: a cytochemical approach. *Environ Geochem Health*, 43(1), pp. 171-183.
- Navarro-Sempere, A., Martínez-Peinado, P., Rodrigues, A. S., Garcia, P. V., Camarinho, R., García, M., & Segovia, Y. (2021a). The health hazards of volcanoes: first evidence of neuroinflammation in the hippocampus of mice exposed to active volcanic surroundings. *Mediators of Inflammation*.
- Navarro-Sempere, A., García, M., Rodrigues, A., Garcia, P., Camarinho, R., & Segovia, Y. (2021b). Occurrence of Volcanogenic Inorganic Mercury in Wild Mice Spinal Cord: Potential Health Implications. *Biological Trace Element Research*, 200(6), pp. 2838-2847.

- Navarro-Sempere, A., Martínez-Peinado, P., Rodrigues, A. S., Garcia, P. V., Camarinho, R., Grindlay, G., Gras, L., García, M., Segovia, Y. (2023). Metallothionein expression in the central nervous system in response to chronic heavy metal exposure: possible neuroprotective mechanism. *Environ Geochem Health*. pp. 1-13.
- Needham, H., & Francheteau, J. (1974). Some characteristics of the rift valley in the Atlantic Ocean near 36°48' north. *Earth and Planetary Science Letters* , pp. 29-43.
- Nogueira, S., Fernández, B., Porfírio, H., & Borges, L. (2000). A criança com atraso na linguagem. *Saúde Infantil*, pp. 5-16.
- Oliveira, C. S. (2019). Análise da concentração de metais pesados em escolares com dificuldades de aprendizagem. Bauru: Universidade de São Paulo - Faculdade de Odontologia de Bauru.
- Organization, W. H. (2006). Principles for Evaluating Health Risks in Children associated with Exposure to Chemicals - Environmental Health Criteria Vol. 237. Geneve.
- Ozçaliskan, S., & Goldin-Meadow, S. (2005). Gesture is at the cutting edge of early language development. *Cognition*, pp. 101-113.
- Pacheco, J., Ferreira, T., Queiroz, G., Wallenstein, N., Coutinho, R., Cruz, J., & al., e. (2013). Notas sobre Geologia do arquipélago dos Açores. Lisboa: Escolar Editora.
- Parelho, C., Rodrigues, A. S., Cruz, J. V., & Garcia, P. (2014). Linking trace metals and agricultural land use in volcanic soils: A multivariate approach. *Science of the Total Environment* , pp. 241-247.
- Pylar, D. M., & Mather, T. A. (2003). The importance of volcanics emissions for the global atmospheric mercury cycle. *Atmospheric Environment*, pp. 5115-5124.
- Queiroz, G. (1997). Vulcão das Sete Cidades (S. Miguel, Açores): História eruptiva e avaliação do Hazard. Universidade dos Açores.

- Raven, J. (2000). The Raven's progressive matrices: change and stability over culture and time. . *Cognitive psychology*, pp. 1-48.
- Raven, J., Court, J., & J., R. (1996). *Raven - Matrizes Progressivas*. Madrid: Publicaciones de Psicología Aplicada.
- Raven, J., Raven, J., & Court, H. (2009). *CPM-P, Matrizes Progressivas Coloridas (forma paralela)*. Lisboa: Cegoc - TEA.
- Rebello, R. S. (2016). *Toxicidade do Mercúrio e seus Efeitos Neurodegenerativos*. Instituto Superior de Ciências da Saúde Egas Moniz.
- Resegue, R., Silveira, M. L., Giorge, A. H., & Puccini, R. F. (2008). Desenvolvimento. Em R. F. Puccini, & M. O. Hilário, *Semiologia da criança e do adolescente* (pp. 81-108). Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.
- Rice, D., & Barone, S. J. (2000). Critical periods of vulnerability for the development nervous system: evidence from humans and animal models. *Environ Helth Perspect*.
- Rigolet, S. A. (2006). *Para uma Aquisição Precoce e Optimizada da Linguagem*. Porto: Porto Editora.
- Ritz, B., Lee, P. C., Hansen, J., Lassen, C. F., Ketznel, M., & Sorensen, M. (2016). Traffic-related air pollution and Parkinson's disease in Denmark: A case-control study. *Environmental Health Perspectives* , pp. 351-356.
- Rodrigues, A., & Garcia, P. (2015). Non-eruptive volcanogenic air pollution and health effects. *Handbook of public health in natural disasters*, 223.
- Rustagi, N., & Ritesh, S. (2010). Mercury and health care. *Indian J Occup Environ Med*, pp. 45-48.
- Saraee, K. R., Gharipour, M. M., Abdi, M. R. & Majidi, F. (2012). Heavy metals assessment in the hair of street children by INAA method, Isfahan. *J Radioanal Nucl Chem* (291). pp. 811-815.

- Sargiani, R. A. & Maluf, M. R. (2018). Linguagem, Cognição e Educação Infantil: Contribuições da Psicologia Cognitiva e das Neurociências. *Revista Psicologia Escolar e Educacional*, SP. Volume 22, Número 3. pp. 477-484.
- Schimer, C., Fontoura, D., & Nunes, M. (2004). Distúrbios da aquisição da linguagem e da aprendizagem. *Jornal de Pediatria*, pp. 1-17.
- Selin, N. (2009). Global biogeochemical cycling of mercury: A review. *Annual review of Environment and Resources*, 43-63.
- Shonkoff, J. P., & Marshall, P. C. (2000). The biology of development vulnerability. Em J. P. Shonkoff, & P. C. Marshall, *Handbook of Early Childhood Intervention*. (pp. 35-52). Cambridge: Cambridge University Press.
- Sigurdsson, H., Houghton, B., McNutt, S., Rymer, H., & Stix, J. (2015). *Encyclopedia of volcanoes*. Amesterdão: Elsevier.
- Simões, M. (1994). Investigações no âmbito da aferição nacional dos Testes das Matrizes Progressivas Coloridas de Raven (M.P.C.R.) - Dissertação de Doutoramento em Psicologia, especialização em Avaliação Psicológica. Coimbra: Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação da Universidade de Coimbra.
- Simões, M. (2000). Investigações no âmbito da aferição nacional do Teste de Matrizes Progressivas Coloridas de Raven (M.P.C.R.). Fundação Calouste Gulbenkian.
- Sim-Sim, I. (1998). *Desenvolvimento da Linguagem*. Lisboa: Universidade Aberta.
- Sly, P., & Pronczuk, J. (2007). Guest editorial: susceptibility of children to pollutants. *Paediatr Respir Rev*.
- Sua Kay, E., & Santos, M. (2014). *Grelha de Observação da Linguagem - Nível Escolar*. Lisboa: Oficina Didática.
- Tavares, D. (2009). *Perturbações do Desenvolvimento da Linguagem*. Lisboa: Hospital CUF Descobertas.

- Viveiros, F., Cardellini, C., Ferreira, T., Caliro, S., Chiodini, G., & Silva, C. (2010). Soil CO<sub>2</sub> emissions at Furnas volcano, São Miguel Island, Azores archipelago: Volcano monitoring perspectives, geomorphologic studies, and land use planning application. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, pp. 1-17.
- Vygotsky, L. S. (1989). *A Formação Social da Mente*. São Paulo: Martins Fontes.
- Vygotsky, L. S. (1989). *Pensamento e Linguagem*. São Paulo: Martins Fontes.
- Vygotsky, L. S. (1993). *Pensamento e Linguagem*. São Paulo: Martins Fontes.
- Watt, S. F., Pyle, D. M., Mather, T. A., Day, J. A., & Aiuppa, A. (2007). The use of tree-rings and foliage as an archive of volcanogenic cation deposition. *Environmental Pollution*, pp. 48-61.
- Wertzner, H. F. (2004). Fonologia: desenvolvimento e alterações. Em L. P. Ferreira, D. M. Befi-Lopes, & S. C. Limongi, *Tratado de Fonoaudiologia*. São Paulo: Roca.
- Westerveld, M., Sass, K. J., Chelune, G. J., Hermann, B. P., Barr, W. B., Loring, D. W., & al., e. (2000). Temporal lobectomy in children: cognitive outcome. *Neurosurgery*, pp. 24-30.
- Ximenes, M. J. (2004). *A Consciência Fonológica em crianças portadoras de Síndrome de Asperger*. Monografia de Licenciatura em Terapia da Fala. Monte da Caparica: Escola Superior de Saúde Egas Moniz.
- Zauche, L. H., Thul, T. A., Mahoney, A. E., & Stapel-wax, J. L. (2016). Influence of language nutrition on children's language and cognitive development: An integrated review. *Early Childhood Research Quarterly*, pp. 318-333.
- Zhou, Q., Huang, D., Xu, C., Wang, J., & Jin, Y. (2021). Hir levels of heavy metals and essential elements in Chinese children with autism spectrum disorder. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, pp. 1-6.

## **Anexos**

---

### **Anexo I - Consentimento informado**

**TERMO DE CONSENTIMENTO INFORMADO PARA PARTICIPAÇÃO EM ESTUDO DE INVESTIGAÇÃO**

**Designação do estudo:** *Alterações de Linguagem em crianças cronicamente expostas a Vulcanismo Ativo – Ilha de São Miguel (Açores)*  
**Âmbito do estudo:** projeto de dissertação do estudante Rute Silveira Fontes do Curso de Mestrado em Ciências Biomédicas da Universidade dos Açores (Orientadores: Doutores Armindo dos Santos Rodrigues, Patrícia Ventura Garcia e Célia Maria Oliveira Barreto Coimbra Carvalho).

**Investigador Responsável:**

Doutor Armindo dos Santos Rodrigues, Universidade dos Açores, Ponta Delgada, São Miguel  
 ☎ 296 650 109 ✉ armindo.s.rodrigues@uac.pt

*Por favor, leia com atenção a seguinte informação.*

Eu (nome completo), abaixo-assinado, \_\_\_\_\_, encarregado(a) de educação do participante (nome completo do(a) aluno(a)) \_\_\_\_\_, compreendi a explicação que me foi fornecida sobre o estudo que se pretende realizar, designado “*Alterações de Linguagem em crianças cronicamente expostas a Vulcanismo Ativo – Ilha de São Miguel (Açores)*”.

- Compreendi que o estudo visa a obtenção de dados e posterior publicação, através da realização três testes (CPM-P - Matrizes Progressivas Coloridas de Raven, WISC-III - Escala de Inteligência de Wechsler para Crianças e GOL-E – Grelha de observação da Linguagem na Criança. Compreendi que os testes CPM-P e WISC-III permitem avaliar aspetos cognitivos e o GOL-E o desenvolvimento da linguagem oral das crianças em idade escolar.
- Foi-me garantido que estes testes serão realizados por uma terapeuta da fala e por um grupo de psicólogos.
- Compreendi que será recolhida numa amostra de cabelo para análise de metais.
- Tive a oportunidade de formular todas as perguntas que julguei necessárias, tendo obtido resposta satisfatória. Com vista a esclarecer qualquer dúvida que me possa surgir acerca da participação do meu educando neste projeto, fui informado(a) do contacto da responsável pelo estudo, à qual me devo dirigir.
- Compreendi que serão recolhidos dados que serão codificados; apenas o responsável do projeto será capaz de estabelecer a ligação entre o código e a pessoa do meu educando, quando necessário.
- Compreendi que todos os dados recolhidos serão guardados, em local de acesso reservado, comprometendo-se o responsável por zelar pela garantia da confidencialidade e proteção da privacidade. No final do estudo, os dados guardados serão destruídos.
- Foi-me garantida a possibilidade de desistir do estudo em qualquer momento da sua realização, sem fornecer motivos, bastando indicar esse desejo, de forma expressa ou tácita.

**Relativamente aos resultados dos testes, pretendo que (escolha apenas uma resposta):**

- No caso de ser detetada alguma alteração de linguagem no meu educando(a), ser contactado(a) e autorizo o encaminhamento para intervenção.
- No caso de ser detetada alguma alteração de linguagem no meu educando(a), ser contactado(a).
- No caso de ser detetada alguma alteração de linguagem no meu educando(a), não ser contactado(a) nem autorizo o encaminhamento para intervenção).
- Autorizo a participação do meu educando(a) neste estudo nos termos acima indicados.**

-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-

**A preencher pelo encarregado de educação do participante no estudo:**

Data: ..... /..... /.....

**Nome (legível) e assinatura:** .....

**Contacto telefónico:** .....

**A preencher pelo membro da equipa de investigação:**

Data: ..... /..... /.....

Confirmo ter informado, de forma adequada e compreensível o participante acima indicado, explicando-lhe os objetivos, métodos e procedimentos do estudo.

**Nome e assinatura:** Rute Fontes ... .. ☎ 926678074

**ESTE DOCUMENTO É COMPOSTO DE 1 PÁGINA/S E FEITO EM DUPLICADO:  
 UMA VIA PARA O/A INVESTIGADOR/A, OUTRA PARA A PESSOA QUE CONSENTE**

**Anexo II - Questionário aos pais/tutores legais dos participantes**

---

“Alterações de Linguagem em crianças cronicamente expostas a Vulcanismo Ativo –  
Ilha de São Miguel (Açores) ”

**QUESTIONÁRIO**

**CÓD.** Identificação do participante: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

Escola \_\_\_\_\_ Ano \_\_\_\_\_

Data \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Freguesia de Residência \_\_\_\_\_

Morada \_\_\_\_\_

**CÓD.** Identificação do participante: \_\_\_\_\_

Idade \_\_\_ D.N. \_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_ Local de Nascimento \_\_\_\_\_ Sexo \_\_\_ Altura \_\_\_\_\_

Peso \_\_\_ IMC \_\_\_\_\_

Nº de Reprovações escolares: \_\_\_\_\_ Em que escolaridade? \_\_\_\_\_

**1. Caracterização escolar do agregado**

1.1. Habilitações literárias da mãe? \_\_\_\_\_

1.2. Habilitações literárias do pai? \_\_\_\_\_

1.3. O seu filho tem dificuldades na escola? Sim \_\_\_ Não \_\_\_

1.3.1. Se “Sim” quais? \_\_\_\_\_

1.4. Qual o ano escolar que gostaria de ver o seu filho completar: 9º \_\_\_\_\_

Curso Profissional \_\_\_\_\_ 12º \_\_\_\_\_ Universidade \_\_\_\_\_ Outro \_\_\_\_\_

1.5. O seu filho pratica desporto? Sim \_\_\_ Não \_\_\_

1.5.1. Se “Sim” quantas horas por semana? \_\_\_\_\_

1.6. Em casa há fumadores? Sim \_\_\_ Não \_\_\_

1.6.1. Se “Sim”, quem? \_\_\_\_\_

**2. Antecedentes Familiares**

2.1 Há alguém na família com doenças hereditárias / síndromes diagnosticadas? Sim \_\_\_ Não \_\_\_

2.1.1 Quem? \_\_\_\_\_

2.1.2. Quais? \_\_\_\_\_

2.2 Existe algum familiar que tem perturbações da fala e/ou linguagem? Sim \_\_\_ Não \_\_\_

Se “Sim” indique quem e qual a perturbação no quadro abaixo.

Grau de Parentesco	Dificuldade

### 3. História Clínica

3.1. O seu filho tem diagnóstico de Défice Cognitivo? Sim \_\_\_ Não \_\_\_

3.2. O seu filho foi diagnosticado com alguma destas dificuldades de aprendizagem? (Assinale com um X)

<b>Dificuldade</b>	<b>Sim</b>	<b>Não</b>
Dislexia		
Disortografia		
Discalculia		

Questões adaptadas de: Marchesan IQ, Berretin-Felix G, Genaro KF, Rehder MI.

**Anexo III - Folha de registo GOL-E**

---

## GRELHA DE OBSERVAÇÃO DA LINGUAGEM NÍVEL ESCOLAR (GOL-E)

Nome: _____
Data: ___/___/___ Data de Nascimento: ___/___/___ Idade ____; ____
Escola: _____ Escolaridade: _____
Avaliador: _____

<b>PONTUAÇÃO:</b>		<b>Valor esperado para a idade</b>
<b>Estrutura Semântica</b>	_____	_____ ± _____
<b>Estrutura Morfossintática</b>	_____	_____ ± _____
<b>Estrutura Fonológica</b>	_____	_____ ± _____
<b>TOTAL :</b>	_____	_____ ± _____
<b>PERCENTIL:</b>	P _____	

## I – ESTRUTURA SEMÂNTICA

<b>1. Definição de palavras</b>		
Instruções: Perguntar <i>O que é uma banana?</i> Se a criança não responder, perguntar <i>Para que serve?</i> Se a criança não responder de novo ou responder mal, deve dizer-se <i>A banana é um fruto e serve para comer.</i>		
	Respostas	Cotação 2 - 1 - 0
1. Livro		
2. Rosa		
3. Sandália		
4. Sardinha		
5. Berlinde		
6. Simpático		
7. Submarino		
8. Arquiteto		
9. Curioso		
10. Valente		
	Total	

<b>2. Nomeação de classes</b>		
Instruções: Dizer à criança <i>A bola, a boneca e os berlindes são...brinquedos. E agora ouve e diz-me...</i>		
	Respostas	Cotação 1 - 0
1. O morango, a laranja e a pera são...		
2. A rosa, o cravo e o malmequer são...		
3. O chocolate, o pudim e o rebuçado são...		
4. O cão, o leão, o peixe e a formiga são...		
5. As calças, a saia, a camisa e a gravata são...		
6. Portugal, Espanha e França são...		
7. O carro, a bicicleta e o comboio são...		
8. O alicate, o martelo e a chave de fendas são...		
9. A natação, o futebol e o golfe são...		
10. A cenoura, a batata e o tomate são...		
Total		

<b>3. Opostos</b>		
Instruções: Dizer <i>O contrário de grande é pequeno. E o contrário de...?</i>		
	Respostas	Cotação 1 - 0
1. Noite		
2. Alto		
3. Claro		
4. Longe		
5. Fácil		
6. Grosso		
7. Doce		
8. Largo		
9. Mole		
10. Seco		
Total		

**TOTAL DA ESTRUTURA SEMÂNTICA**

## II - ESTRUTURA MORFOSSINTÁTICA

<b>1. Reconhecimento de frases agramaticais</b>		
Instruções: <i>Ouve e diz-me se a frase está correta. Assim, por exemplo: <b>A</b> carro é grande, está mal, deveria ser <b>O</b> carro é grande.</i>		
	Respostas	Cotação 2 - 1 - 0
1. Eu levo a bola a Maria		
2. Ele comeu duas banana		
3. O Luís pôs o livro a mesa		
4. O pai quer que a Ana vai dormir		
5. A mãe vai João à loja		
6. A Maria é minha primo		
7. Eu vou-me embora parar de chover		
8. Ele se penteia -se sozinho		
9. O livro está na mesa é meu		
10. Amanhã fui ver um filme		
Total		

<b>2. Coordenação e subordinação de frases</b>		
Instruções: <i>Eu vou dizer duas frases e tu vais juntá-las para formar uma frase só. Assim, eu comi um bolo, eu comi um gelado, pode dizer-se: Eu comi um bolo e um gelado.</i>		
	Respostas	Cotação 1 - 0
1. O João caiu. Fez uma ferida		
2. O Rui adoeceu. A mãe levou-o ao hospital		
3. O menino foi passear. O pai foi passear		
4. Eu tenho um carro. Eu tenho uma bola		
5. A Ana comeu um bolo. O Zé comeu um bolo		

<i>(Pedir à criança para não usar "e")</i>		
6. A chávena caiu. A chávena não se partiu		
<i>(Se necessário relembrar que não deve usar "e")</i>		
7. São horas de dormir. O bebé vai para a cama		
8. A Paula tem um gato. O gato come peixe		
9. O rapaz põe um chapéu. O sol está muito quente		
10. O Nuno quer comprar uma bola. A bola é muito cara		
	Total	

<b>3. Ordem de palavras na frase</b>		
<i>Instruções: Ouve as palavras que eu digo e faz uma frase correta. Assim: O/a ... (nome da criança) sou. Deve ser: Eu sou o/a... (nome da criança).</i>		
	Respostas	Cotação 1 - 0
1. chora bebé o		
2. menino o bolo o come		
3. depressa carro o anda		
4. partiu caneta a minha ele		
5. olha a menina o para livro		
6. casa onde a é		
7. rapaz o cantou		
8. bolo o come		
9. anos tens quantos		
10. vou cinema ao amanhã		
	Total	

<b>4. Derivação de palavras</b>		
Instruções: <i>Ouve o que eu digo e acaba a frase. Assim, a senhora que vende flores é uma flo.....</i>		
	Respostas	Cotação 1 - 0
1. O homem que pinta é um pin...		
2. Uma árvore que dá peras é uma pe...		
3. Uma casa pequena é uma ca...		
4. Um rapaz que gosta de comer muito é um co...		
5. Uma pessoa que sonha muito é uma so...		
6. Uma senhora que toca piano é uma pi...		
7. Um rapaz com uma barriga grande é um ba...		
8. Um lugar com muitos pinheiros é um pi...		
9. Se um desenho é muito giro, dizemos que é gi...		
10. Um dia com vento é um dia ven...		
Total		

**TOTAL DA ESTRUTURA MORFOSSINTÁTICA**

### III. ESTRUTURA FONOLÓGICA

#### 1. Discriminação de pares de palavras

Instruções: *Eu vou dizer duas palavras que às vezes são iguais e outras vezes não. Assim, Bola - Bola são iguais. As palavras que eu vou dizer agora são iguais ou não? Ouve com atenção.*

	Respostas	Cotação 1 - 0
1. Doce – Doze	S / N	
2. Gato – Cato	S / N	
3. Dente – Dente	S / N	
4. Trinta – Tinta	S / N	
5. Vento – Vendo	S / N	
6. Faca – Vaca	S / N	
7. Bate – Bate	S / N	
8. Dado – Nado	S / N	
9. Frasco – Fraco	S / N	
10. Roupa – Rouba	S / N	
Total		

#### 2. Discriminação de pseudo-palavras

Instruções: *Eu vou dizer duas palavras inventadas que às vezes são iguais e outras vezes não. Assim, Bofa - Bofa são iguais. As palavras que eu vou dizer agora são iguais ou não?*

	Respostas	Cotação 1 - 0
1. Caqui – Gaqui	S / N	
2. Pul – Pul	S / N	
3. Duzu – Duzu	S / N	
4. Trico – Tico	S / N	
5. Dodi – Todi	S / N	
6. Volo -Folo	S / N	
7. Tal -Tal	S / N	
8. Deda – Neda	S / N	
9. Drasque – Draque	S / N	
10- Guibo- Guipo	S / N	
Total		

<b>3. Identificação de palavras que rimam</b>		
<i>Instruções: Diz-me se as palavras rimam ou não. Assim, Mão - Pão são duas palavras que rimam. E estas palavras que eu vou dizer agora?</i>		
	Respostas	Cotação 1 - 0
1. Fita- Guita	S / N	
2. Saco –Saia	S / N	
3. Tia- Mia	S / N	
4. Jogo- Fogo	S / N	
5. Bota- Mota	S / N	
6. Feira- Beira	S / N	
7. Mel – Pão	S / N	
8. Comilão – Castelão	S / N	
9. Pincel- Batel	S / N	
10. Copo – Leite	S / N	
Total		

<b>4. Segmentação silábica</b>		
<i>Instruções: Divide as palavras que eu disser em bocadinhos. Assim, Bola dividida em bocadinhos fica bo-la. E estas palavras que eu vou dizer agora?</i>		
	Respostas	Cotação 1 - 0
1. Cama	S / N	
2. Bolo	S / N	
3. Batata	S / N	
4. Cadeira	S / N	
5. Mão	S / N	
6. Sol	S / N	
7. Colchão	S / N	
8. Camisola	S / N	
9. Erva	S / N	
10. Flor	S / N	
Total		

**TOTAL DA ESTRUTURA FONOLÓGICA**

**Anexo IV - Folha de registo CPM – Matrizes coloridas progressivas de *Raven***

**Matrizes Progressivas Coloridas de Raven**

Nome:.....Idade:.....Sexo:.....  
 Data de nascimento:.....Data da avaliação:.....  
 Ano de escolaridade:.....Local de avaliação:.....  
 Observações:  
 .....

**Folha de respostas**

A			AB			B		
1			1			1		
2			2			2		
3			3			3		
4			4			4		
5			5			5		
6			6			6		
7			7			7		
8			8			8		
9			9			9		
10			10			10		
11			11			11		
12			12			12		
<b>Total</b>			<b>Total</b>			<b>Total</b>		

**Anexo V – Resultados obtidos na CPM por idade**

---

Tabela 7 - Resultados obtidos no teste CPM por idade<sup>4</sup>

Código	Data de Avaliação	Idade Cronológica	Pontuação Total	Percentil	Classe	Classe completa	Classe completa
FR1	12/05/2023	7A04M14d	32	93	II+	4	4
FR2	12/05/2023	8A02M02d	34	>95	I	5	5
FR3	26/05/2023	10A01M21d	34	95	I	5	5
FR4	12/05/2023	10A00M13d	34	95	I	5	5
FR5	12/05/2023	9A10M18d	34	95	I	5	5
FR6	12/05/2023	7A10M06d	32	95	I	5	5
FR7	12/05/2023	8A06M11d	29	84	II	3	3
FR8	12/05/2023	7A02M14d	28	88	II	3	3
FR9	12/05/2023	6A11M21d	25	86	II	3	3
FR10	12/05/2023	7A02M26d	33	>95	I	5	5
FR11	12/05/2023	8A08M29d	34	>95	I	5	5
FR12	12/05/2023	8A04M15d	32	93	II+	5	5
FR13	12/05/2023	7A00M22d	22	75	II	3	3
FR14	12/05/2023	9A00M27d	27	67	III+	2	2
FR15	26/05/2023	9A00M22d	32	90	II+	4	4
FR16	12/05/2023	9A04M18d	31	75	II	3	3
FR17	12/05/2023	8A07M26d	29	84	II	3	3
FR18	12/05/2023	9A09M08d	31	81	II	3	3
FR19	12/05/2023	7A11M01d	25	63	III+	2	2
FR20	12/05/2023	8A06M29d	34	>95	I	5	5
FR21	12/05/2023	8A01M02d	26	69	III+	2	2
RQ1	26/05/2023	9A05M14d	21	82	II	3	3
RQ2	26/05/2023	9A06M17d	33	90	II+	4	4
RQ3	26/05/2023	8A10M12d	32	90	II+	4	4
RQ4	26/05/2023	10A01M18d	31	71	III+	2	2
RQ5	26/05/2023	10A00M20d	34	95	I	5	5
RQ6	26/05/2023	7A09M10d	32	95	I	5	5
RQ7	26/05/2023	7A09M17d	25	63	III+	2	2
STA1	06/06/2023	8A05M05d	33	95	I	5	5
STA2	15/06/2023	10A00M14d	33	83	II	3	3
STA3	06/06/2023	10A00M04d	32	75	II	3	3
STA4	06/06/2023	10A00M05d	36	>95	I	5	5
STA5	06/06/2023	10A00M24d	31	69	III+	2	2
STA6	06/06/2023	10A00M25d	32	75	II	3	3
STA7	06/06/2023	10A01M07d	33	83	II	3	3
STA8	07/07/2023	8A06M06d	22	42	III-	1	1
STA9	07/07/2023	8A01M16d	26	69	III+	2	2
STA10	07/07/2023	8A02M02d	30	90	II+	4	4
STA11	06/06/2023	09A04M17d	31	75	II	3	3
STA12	06/06/2023	8A00M20d	28	80	II	3	3
STA13	06/06/2023	8A01M20d	33	>95	I	5	5
STA14	06/06/2023	8A02M18d	30	90	II+	4	4
STA15	06/06/2023	9A02M05d	32	90	II+	4	4
STA16	06/06/2023	9A07M20d	30	70	III+	2	2
STA17	06/06/2023	8A08M28d	35	>95	I	5	5
STA18	06/06/2023	8A07M11d	28	81	II	3	3
STA19	06/06/2023	8A09M03d	31	86	II	3	3

<sup>4</sup> Nota: A coluna a ver indica que todas as crianças apresentam resultados cognitivos dentro da norma. A linha laranja representa a crianças que foi eliminada do estudo por falta de teste de linguagem.

**Anexo VI – Resultados obtidos na GOL-E**

---

Tabela 8 - Resultados obtidos no teste GOL-E

Código	Idade	Estrutura Semântica	Estrutura Morfossintática	Estrutura Fonológica
RQ1	9	<P5	Entre P5 e P10	P50
RQ2	9	Entre P10 e P25	Entre P25 e P50	P75
RQ3	9	entre P25 e P50	P50	P75
RQ4	9	entre P25 e P50	Entre P50 e P75	P75
RQ5	9	Entre P5 e P10	P50	Entre P25 e P50
RQ6	7	entre P50 e P75	Entre P75 e P90	>P90
RQ7	7			
FR1	7	entre P25 e P50	Entre P25 e P50	Entre P25 e P50
FR2	8	<P50	<P10	<P50
FR3	9	Entre P10 e P25	Entre P10 e P25	P75
FR4	9	entre P50 e P75	P75	P75
FR5	9	<P5	Entre P10 e P25	P50
FR6	7	entre P25 e P50	Entre P75 e P90	>P90
FR7	8	Entre P10 e P25	P25	P75
FR8	7	P90	P75	>P90
FR9	6	Entre P5 e P10	Entre P25 e P50	P90
FR10	7	entre P25 e P50	Entre P50 e P75	P90
FR11	8	entre P25 e P50	Entre P25 e P50	P90
FR12	7	entre P50 e P75	Entre P75 e P90	Entre P25 e P50
FR13	6	Entre P10 e P25	Entre P25 e P50	Entre P25 e P50
FR14	9	<P5	Entre P10 e P25	P25
FR15	8	entre P25 e P50	P75	P75
FR16	9	Entre P10 e P25	Entre P10 e P25	P75
FR17	8	P50	Entre P50 e P75	P90
FR18	8	P25	Entre P50 e P75	Entre P25 e P50
FR19	7	entre P25 e P50	Entre P50 e P75	>P90
FR20	8	entre P50 e P75	Entre P50 e P75	P75
FR21	7	P50	Entre P50 e P75	Entre P50 e P75
STA1	8	entre P25 e P50	Entre P75 e P90	P90
STA2	9	entre P25 e P50	Entre P50 e P75	P75
STA3	9	P25	Entre P10 e P25	Entre P25 e P50
STA4	9	entre P25 e P50	Entre P50 e P75	P75
STA5	9	P10	Entre P10 e P25	P50
STA6	9	P10	P25	Entre P25 e P50
STA7	9	entre P50 e P75	Entre P50 e P75	Entre P25 e P50
STA8	8	P25	Entre P50 e P75	P75
STA9	7	P50	P50	Entre P25 e P50
STA10	8	Entre P10 e P25	Entre P10 e P25	P25
STA11	8	<P5	Entre P10 e P25	P75
STA12	7	entre P50 e P75	P90	>P90
STA13	8	P10	Entre P25 e P50	Entre P25 e P51
STA14	8	entre P50 e P75	Entre P10 e P25	P90
STA15	9	P50	Entre P50 e P75	P50
STA16	9	entre P25 e P50	Entre P50 e P75	P75
STA17	8	P25	>P90	P90
STA18	8	Entre P10 e P25	Entre P50 e P75	Entre P10 e P25
STA19	8	P5	P25	P75

**Nota:** cor verde - estrutura adquirida; cor amarela - estrutura em aquisição e cor vermelha - estrutura por adquirir. A linha vermelha representa a criança que foi eliminada do estudo por falta de teste de linguagem.

**Anexo VII – Resultados da análise dos cabelos**

---

**Tabela 9** - Resultados do ActLabs com as concentrações de metais pesados nos cabelos das crianças

Appendix I		Final Report				
Report Number: A23-13742		Activation Laboratories				
Report Date: October 16, 2023						
Analyte Symbol		Mn	As	Cd	Hg	Pb
Unit Symbol		ppb	ppb	ppb	ppb	ppb
Reporting Limit		2	10	0.2	5	2
Analysis Method		ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS
Method Blank		<2	<10	<0.2	<5	<2
Method Blank		<2	<10	<0.2	<5	<2
Human Hair sample - Sample 1 (1)	Microwave Digestion	272	20	31.4	1221	780
Human Hair sample - Sample 1 (2)	Microwave Digestion	268	20	29.3	1245	806
Human Hair sample - Sample 1 (3)	Microwave Digestion	263	19	29.2	1236	844
Human Hair sample - Sample 2	Microwave Digestion	515	19	45.5	673	1328
Human Hair sample - Sample 3	Microwave Digestion	937	19	15.3	3740	892
Human Hair sample - Sample 4	Microwave Digestion	92	15	7.1	5352	591
Human Hair sample - Sample 5	Microwave Digestion	384	32	38.2	1603	748
Human Hair sample - Sample 6	Microwave Digestion	525	13	19.7	2576	693
Human Hair sample - Sample 7 *	Microwave Digestion	329	20	32.9	824	865
Human Hair sample - Sample 8 *	Microwave Digestion	192	38	8.5	696	107
Human Hair sample - Sample 9	Microwave Digestion	318	24	23.5	931	956
Human Hair sample - Sample 10	Microwave Digestion	308	35	109.5	1377	1845
Human Hair sample - Sample 11	Microwave Digestion	194	30	4.1	785	623
Human Hair sample - Sample 12 (1)	Microwave Digestion	357	15	51.9	527	564
Human Hair sample - Sample 12 (2)	Microwave Digestion	362	14	56.7	480	587
Human Hair sample - Sample 12 (3)	Microwave Digestion	365	13	63.4	483	651
Human Hair sample - Sample 13	Microwave Digestion	414	21	15.7	374	379
Human Hair sample - Sample 14	Microwave Digestion	178	16	3.8	312	223
Human Hair sample - Sample 15	Microwave Digestion	566	11	73.8	323	1829
Human Hair sample - Sample 16 *	Microwave Digestion	290	18	11.0	436	173
Human Hair sample - Sample 17	Microwave Digestion	329	<10	25.9	19	1547
Human Hair sample - Sample 18	Microwave Digestion	1314	26	13.9	639	759
Human Hair sample - Sample 19	Microwave Digestion	481	22	30.3	336	675
Human Hair sample - Sample 20	Microwave Digestion	615	599	12.8	565	554
Human Hair sample - Sample 21	Microwave Digestion	1207	53	26.6	776	1615
<b>% Recovery Spiked Sample-2</b>		<b>98%</b>	<b>107%</b>	<b>99%</b>	<b>91%</b>	<b>103%</b>

\* Low sample weight, all sample submitted consumed

**Anexo VIII – Tabelas de resultados do SPSS**

---

**Tabela 10** - Resultados do teste t para comparação da concentração dos metais no cabelo nos dois grupos de estudo (exposto vs. não exposto ao vulcanismo)

		Teste de Levene para igualdade de variâncias		teste-t para Igualdade de Médias							
		Z	Sig.	t	df	Sig. (2 extremidades)	Diferença média	Erro padrão de diferença	95% Intervalo de Confiança da Diferença		
										Inferior	Superior
Mn	Variâncias iguais assumidas	1,889	0,185	-1,512	19	0,147	-206,22727	136,42932	-491,77713	79,32258	
	Variâncias iguais não assumidas			-1,476	14,413	0,161	-206,22727	139,71886	-505,09115	92,63660	
As	Variâncias iguais assumidas	0,161	0,693	0,597	18	0,558	2,86869	4,80187	-7,21967	12,95704	
	Variâncias iguais não assumidas			0,572	13,135	0,577	2,86869	5,01710	-7,95879	13,69616	
Cd	Variâncias iguais assumidas	0,140	0,712	0,289	19	0,776	3,31091	11,45270	-20,65988	27,28170	
	Variâncias iguais não assumidas			0,293	18,394	0,773	3,31091	11,29410	-20,38072	27,00254	
Hg	Variâncias iguais assumidas	11,229	0,003	2,844	19	0,010	1371,48182	482,18825	362,25022	2380,71342	
	Variâncias iguais não assumidas			2,985	10,421	0,013	1371,48182	459,51580	353,19504	2389,76859	
Pb	Variâncias iguais assumidas	2,345	0,142	0,106	19	0,917	24,31818	229,17658	-455,35392	503,99028	
	Variâncias iguais não assumidas			0,104	16,349	0,918	24,31818	232,73302	-468,19848	516,83484	

**Tabela 11** - Resultados do teste t para comparação da idade nos dois grupos de estudo

		Teste de Levene para igualdade de variâncias		teste-t para Igualdade de Médias							
		Z	Sig.	t	df	Sig. (2 extremidades)	Diferença média	Erro padrão de diferença	95% Intervalo de Confiança da Diferença		
										Inferior	Superior
Idade	Variâncias iguais assumidas	3,678	0,062	-1,482	44	0,145	-0,390	0,263	-0,920	0,140	
	Variâncias iguais não assumidas			-1,585	43,944	0,120	-0,390	0,246	-0,886	0,106	

**Tabela 12** - Teste de Qui-quadrado para a variável sexo e os dois grupos de estudo

	Valor	df	Significância Assintótica (Bilateral)	Sig exata (2 lados)	Sig exata (1 lado)
Qui-quadrado de Pearson	,090 <sup>a</sup>	1	0,765		
Correção de continuidade <sup>b</sup>	0,000	1	1,000		
Razão de verossimilhança	0,090	1	0,765		
Teste Exato de Fisher				1,000	0,500
Associação Linear por Linear	0,088	1	0,767		
N de Casos Válidos	46				

**Tabela 13** - Teste Qui-Quadrado entre os hábitos tabágicos dos pais e cada grupo de estudo

	Valor	df	Significância Assintótica (Bilateral)
Qui-quadrado de Pearson	2,292	4	0,682
Razão de verossimilhança	3,355	4	0,5
Associação Linear por Linear	0,786	1	0,375
N de Casos Válidos	45		

**Tabela 14** - Teste Qui-Quadrado entre as dificuldades de aprendizagem e cada grupo de estudo

Testes qui-quadrado				
	Valor	df	Significância Assintótica (Bilateral)	
Qui-quadrado de Pearson	,759 <sup>a</sup>	2	0,684	
Razão de verossimilhança	1,115	2	0,573	
Associação Linear por Linear	0,737	1	0,391	

**Tabela 15** - Teste *Mann-Whitney* para relacionar os resultados da CPM e os dois grupos de estudo

Amostras Independentes de Resumo de Teste U de Mann-Whitney	
N total	46
U de Mann-Whitney	315,000
Wilcoxon W	693,000
Estatística de teste	315,000
Erro padrão	42,915
Estatística de Teste Padronizado	1,363
Sinal assintótico (teste de dois lados)	0,173

**Tabela 16** - Teste *t* entre os resultados da CPM e os dois grupos de estudo

	Teste de Levene para igualdade de variâncias	teste-t para Igualdade de Médias								
		Z	Sig.	t	df	Sig. (2 extremidades)	Diferença média	Erro padrão de diferença	95% Intervalo de Confiança da Diferença	
									Inferior	Superior
Resultados de QI	Variâncias iguais assumidas	1,449	0,235	-0,405	44	0,687	-0,43470	1,07309	-2,59736	1,72797
	Variâncias iguais não assumidas			-0,417	42,456	0,678	-0,43470	1,04144	-2,53574	1,66635

**Tabela 17** - Teste de *Mann-Whitney* para a estrutura morfossintática e os dois grupos de estudo

Amostras Independentes de Resumo de Teste U de Mann-Whitney	
N total	46
U de Mann-Whitney	256,500
Wilcoxon W	634,500
Estatística de teste	256,500
Erro padrão	40,058
Estatística de Teste Padronizado	0,000
Sinal assintótico (teste de dois lados)	1,000

**Tabela 18** - Teste de *Mann-Whitney* para a estrutura semântica e os dois grupos de estudo

<b>Amostras Independentes de Resumo de Teste U de Mann-Whitney</b>	
<b>N total</b>	46
<b>U de Mann-Whitney</b>	261,500
<b>Wilcoxon W</b>	639,500
<b>Estatística de teste</b>	261,500
<b>Erro padrão</b>	42,175
<b>Estatística de Teste Padronizado</b>	0,119
<b>Sinal assintótico (teste de dois lados)</b>	0,906

**Tabela 19** - Teste de *Mann-Whitney* para a estrutura fonológica e os dois grupos de estudo

<b>Amostras Independentes de Resumo de Teste U de Mann-Whitney</b>	
<b>N total</b>	46
<b>U de Mann-Whitney</b>	297,000
<b>Wilcoxon W</b>	675,000
<b>Estatística de teste</b>	297,000
<b>Erro padrão</b>	35,104
<b>Estatística de Teste Padronizado</b>	1,154
<b>Sinal assintótico (teste de dois lados)</b>	0,249

**Tabela 20** - Correlação de *Spearman* entre Estruturas da Linguagem e Matrizes CPM

		Correlações					
		Semântica	Morfossintaxe	Fonologia	Matrizes de Escala Completa	Matrizes de Escala Simples	
rô de Spearman	Semântica	Coeficiente de Correlação	1,000	,577**	0,189	0,108	0,073
		Sig. (2 extremidades)		0,001	0,208	0,474	0,631
		N	46	46	46	46	46
	Morfossintaxe	Coeficiente de Correlação	,577**	1,000	0,078	0,025	0,035
		Sig. (2 extremidades)	0,001		0,607	0,869	0,819
		N	46	46	46	46	46
	Fonologia	Coeficiente de Correlação	0,189	0,078	1,000	0,094	0,080
		Sig. (2 extremidades)	0,208	0,607		0,532	0,599
		N	46	46	46	46	46
	Matrizes de Escala Completa	Coeficiente de Correlação	0,108	0,025	0,094	1,000	,955**
		Sig. (2 extremidades)	0,474	0,869	0,532		0,000
		N	46	46	46	46	46
	Matrizes de Escala Simples	Coeficiente de Correlação	0,073	0,035	0,080	,955**	1,000
		Sig. (2 extremidades)	0,631	0,819	0,599	0,000	
		N	46	46	46	46	46

**Anexo IX – Folheto informativo para a comunidade escolar e encarregados de  
educação**

---

### Projeto de Investigação

Diversos estudos indicam-nos que o mercúrio é um metal pesado neurotóxico e que este existe em maiores concentrações em zonas de vulcanismo ativo, nomeadamente através da desgaseificação dos solos que emitem constantemente mercúrio e outros metais para a atmosfera.

Estudos recentes efetuados com ratos desta zona da ilha de São Miguel, demonstraram a presença de depósitos de mercúrio e alterações celulares no Sistema Nervoso Central destes animais.

Desta forma, este projeto pretende analisar se o desenvolvimento da linguagem dos participantes e aspetos cognitivos relacionados com a mesma estão mais comprometidos devido à exposição a metais pesados nestas zonas.



Ao permitir a participação do seu educando neste estudo serão aplicados três testes:

CPM-P - Matrizes Progressivas Coloridas de Raven

WISC-III - Escala de Inteligência de Wechsler para Crianças

GOL-E – Grelha de observação da Linguagem na criança em idade escolar

Os primeiros dois testes permitem avaliar o desempenho cognitivo dos participantes e o terceiro pretende analisar as perturbações do desenvolvimento da linguagem oral de crianças em idade escolar e serão aplicados por um grupo de Psicólogos e uma Terapeuta da Fala!

É importante referir que ao permitir o acesso a investigação terá:

Os seus dados anonimizados

Os seus dados destruídos após o estudo

Os dados codificados e só um investigador terá conhecimento da associação entre o código e o sujeito

Em qualquer momento poderá recusar que o seu educando participe nesta investigação!

No caso de ser detetada alguma alteração na linguagem do seu educando poderá optar por (apenas uma destas opções):

- ⇒ ser contactado(a) e autorizar o encaminhamento para intervenção;
- ⇒ ser contactado(a);
- ⇒ não ser contactado(a) nem autorizar o encaminhamento para intervenção).

Desta forma, poderá rastrear o seu educando e despistar possíveis alterações de linguagem oral, sendo que devidamente encaminhados serão solucionados, alcançando o sucesso escolar!

## Alguns sinais de alerta na Linguagem

### Dificuldades de compreensão

#### Dificuldade em:

- Entender o que os outros dizem;
- Seguir direções;
- Responder a perguntas;
- Apontar para objetos e imagens.

### Dificuldades de expressão

#### Dificuldade em:

- Fazer perguntas;
- Nomear objetos;
- Juntar palavras na frase;
- Aprender músicas e rimas;
- Utilizar pronomes como “ele” ou “eles”;
- Saber iniciar e manter uma conversa.

#### Referências:

- Sociedade Portuguesa de Terapia da Fala: <https://sptf.org.pt/>
- Associação Portuguesa de Terapia da Fala
- American Speech-Language-Hearing Association (ASHA): <https://www.asha.org/>



#### Projeto de Investigação intitulado por:

“Alterações de Linguagem em crianças cronicamente expostas a Vulcanismo Ativo– Ilha de São Miguel (Açores)”

#### Âmbito:

Mestrado em Ciências Biomédicas

#### Qualquer dúvida, não hesite em contactar:

Rute Fontes  
926678074



Será que a Linguagem está mais comprometida em zonas de vulcanismo ativo?



#### Projeto de Investigação intitulado por:

“Alterações de Linguagem em crianças cronicamente expostas a Vulcanismo Ativo– Ilha de São Miguel (Açores)”

Mestrado em Ciências Biomédicas 2021/2023

**UNIVERSIDADE DOS AÇORES**  
**Faculdade de Ciências e Tecnologia**

Rua da Mãe de Deus  
9500-321 Ponta Delgada  
Açores, Portugal