


### Aplicação da taxonomia solo nos exames nacionais de matemática a do 12º ano

#### Application of the taxonomy of soil in the 12th grade mathematics national exams

 <https://doi.org/10.56238/sevedi76016v22023-015>

Verónica Carla de Almeida Santos Pereira

#### RESUMO

Hoje temos consciência de que o ser humano evolui em consequência da sua interação sensorial com o mundo, construindo a sua intrincada relação de ações condicionadas pela percepção do que o rodeia e pela sua capacidade de criar e relacionar com o que apreende. O conhecimento resulta de um processo de aprendizagem complexo, variável de indivíduo para indivíduo, mas que pode ser compreendido, sistematizado e definido.

Biggs e Collis elaboraram uma teoria, denominada Taxonomia SOLO, que nos fornece parâmetros para analisar e classificar os conteúdos de um processo de aprendizagem, através da descrição dos processos envolvidos na dialética pergunta/resposta, numa escala de complexidade. A dialética pergunta/resposta é, na sua génese, a ferramenta essencial de um momento determinante do processo de ensino – a Avaliação.

Este artigo apresenta uma análise de um processo de Avaliação qualitativa, tendo por base provas de avaliação da disciplina de matemática num contexto determinado e num período de tempo concretamente definido, através da análise e categorização de quatro questões dos diversos conteúdos avaliados. Como metodologia, seguimos os pressupostos da Taxonomia SOLO, num modelo de categorização desenvolvido e adaptado, onde seguimos uma matriz de classificação das questões que entendemos ajustada ao objeto da análise e fiel aos pressupostos de base.

#### 1 INTRODUÇÃO

Pretende-se com o presente artigo propor um modelo de categorização dos diferentes níveis de complexidade das provas de avaliação externas e com isso apresentar mais uma forma de avaliação qualitativa dos exames nacionais nos diversos níveis de ensino em Portugal. Tomámos por referência os exames nacionais portugueses do 12º ano de escolaridade da disciplina de Matemática A que constituem

**Palavras-chave:** Avaliação das aprendizagens, Categorizar, Questões, Exames, Taxonomia, SOLO

#### ABSTRACT

We are now aware that the human being evolves as a consequence of his sensorial interaction with the world, building his intricate relation of actions conditioned by the perception of his surroundings and by his capacity to create and relate to what he perceives.

Knowledge results from a complex learning process, variable from individual to individual, but which can be understood, systematized and defined.

Biggs and Collis elaborated a theory, called SOLO Taxonomy, which provides us with parameters to analyse and classify the contents of a learning process, through the description of the processes involved in the question / answer dialectic, on a scale of complexity. The question / answer dialectic is, in its genesis, the essential tool of a determinant moment of the teaching process - the Evaluation.

This article presents an analysis of the Evaluation process, based on assessment tests of mathematics in a given context and in a defined period of time, through the analysis and categorize of four questions about the various contents evaluated. As methodology, we follow the assumptions of SOLO Taxonomy, in the categorization model developed and adapted, where we follow a classification matrix of the questions that we consider adjusted to the object of the analysis and faithful to the basic assumptions.

**Keywords:** Learning Assessment, Categorize, Questions, Exams, Taxonomy, SOLO.

um fator de conclusão do ensino secundário e de acesso e seleção para o ensino superior e, por essa razão, particularmente relevantes no âmbito da avaliação.

O modelo proposto tem como base a Taxonomia SOLO, proposta por Biggs e Collis (1982) que propõe um sistema de categorias para identificar patamares de formalização do pensamento, onde considera a quantidade de conhecimentos envolvidos na resposta a cada questão, a complexidade do raciocínio exigido e o tipo de solução requerida. Esta sequência de categorias reflete um aumento progressivo e hierárquico na complexidade estrutural das respostas. e pode por isso ser usado para classificar os resultados da aprendizagem de qualquer modo usado. Biggs e Collis (1991).

A Taxonomia SOLO define cinco categorias distintas sendo estes: Pré- estrutural, Uni-estrutural, Multi-estrutural, Relacional e Abstrato. Cada categoria é estabelecida de acordo com três parâmetros que permitem individualizar e categorizar os diferentes tipos de resposta que lhe correspondem: as capacidades, as operações envolvidas e a consistência / capacidade de concluir.

De acordo com estes parâmetros de categorização, analisamos a complexidade das questões propostas onde, através da análise das respostas, podemos evidenciar níveis distintos de complexidade no entendimento e capacidade de resposta. Desta forma ao categorizarmos as respostas das questões podemos avaliar a complexidade das questões dos exames e, por conseguinte, a complexidade do exame.

Para uma melhor compreensão de como aplicar este modelo baseado na Taxonomia SOLO utilizamos respostas idealizadas às questões do exame e caracterizamos aplicando a categorização SOLO à resposta de cada questão do exame.

Procuramos assim responder a duas questões que julgamos relevantes, dentro do objetivo geral de avaliação qualitativa dos exames portugueses de âmbito nacional de Matemática A, nomeadamente:

- Como analisar a complexidade das questões dos exames nacionais, com aplicação da Taxonomia SOLO?
- De que forma a Taxonomia SOLO pode avaliar a qualidade dos exames nacionais de Matemática?

Para responder a estas questões seguimos o modelo de caracterização, de forma a evidenciar os diferentes níveis de complexidade presentes em cada um dos exames nacionais, disponíveis na página do IAVE do Ministério da Educação.

Para analisar a complexidade das questões dos exames fizemos uma análise das respostas dadas a cada uma das questões, de acordo com os critérios de resposta definidos pelo IAVE, conjugando com as propostas de resolução apresentadas pelas entidades sociais e profissionais relevantes, verificamos a representação de cada uma das categorias SOLO presentes, com exceção do nível pré-estrutural, o que seria expectável atendendo ao nível de ensino sobre o qual incidiu o estudo. As categorizações das respostas das questões obtidas refletem o nível global de complexidade do exame em causa.

A Taxonomia SOLO tem uma diversidade de aplicações dentro das mais várias áreas de estudo e tem sido utilizada, por exemplo, para avaliar a qualidade da aprendizagem, objetivos curriculares,

categorização de respostas de questões. Existem já diversos autores que publicaram estudos sobre a Taxonomia SOLO no mundo académico, tais como Hattie, J. and Purdie, N. (1998), Boulton-Lewis, G.M. (1998), Ceia (2002), AmanteSOLO taxonomy's e Borges (2008), Atherton. J. (2010) Filipe (2011), ou MOL (2019).

## 2 A TAXONOMIA SOLO

O estudo do desenvolvimento do pensamento humano promoveu a elaboração e construção de teorias que, apesar de sustentadas em pressupostos e conceitos diferentes ao longo de diversas décadas, partem do mesmo princípio de que a capacidade cognitiva humana nasce e desenvolve-se, não vem pronta.

Biggs e Collis (1982) desenvolveram a teoria denominada “Structure of Observing Learning Outcome”, onde defendem a sucessão de estruturas cognitivas características dos estágios propostos na teoria dos estágios de desenvolvimento, mas caracterizam esses estágios como *modos de pensamento*, defendem que tais modos de pensamento não são gerais, mas específicos para cada domínio de conhecimento e defendem que um estágio não substitui o outro, mas surge de forma a coexistir com os modos de pensamento já existentes. Tal como referem Biggs e Collis (1982, p. 30) “este processo é contínuo a partir do nascimento, mas há evidências que sugerem que há certos marcos no pensamento que são qualitativamente diferentes dos anteriores.”

Sendo hoje uma afirmação incontestável, esta perspetiva do desenvolvimento da capacidade cognitiva humana foi um contributo essencial para a evolução do ensino tradicional herdado do século XIX, de génese autoritária e estrutura de cópia e repetição para um modelo baseado numa educação adequada ao processo de descoberta dos alunos, de acordo com estágios de desenvolvimento cognitivo, essencialmente determinados pela evolução etária entre a infância e a maturidade humana.

A Taxonomia proposta diz respeito a um sistema de categorias para identificar patamares de formalização do pensamento. Os autores defendem que esse sistema pode ser utilizado para avaliar a “qualidade” de aprendizagem ou para objetivos curriculares, uma vez que apresenta a possibilidade de identificar níveis hierárquicos de complexidade do entendimento sobre conteúdos de diferentes domínios, a partir de instrumentos desenvolvidos com esse objetivo.

A Taxonomia SOLO parte, assim, da conceção de que os sujeitos têm o seu processo de aquisição cognitiva baseado em estágios de complexidade ascendente e que este processo sequencial pode ser genericamente observado em diferentes tarefas, o que torna possível caracterizar de alguma forma os níveis de habilidades, ou ainda identificar a evolução de uma habilidade em tarefas particulares.

Os autores definem os modos de pensamento através da forma de representação de um problema. Desta forma, defendem que os indivíduos adquirem um novo conhecimento através de estágios ascendentes que envolvem teorias cognitivas cada vez mais complexas.

Segundo Biggs e Collis (1982), a competência técnica requer um entendimento dos princípios básicos subjacentes a uma disciplina, de forma a que o estudante possa gerar alternativas viáveis, quando as regras de ação se mostram inadequadas.

No que respeita ao processo de aprendizagem, Biggs e Collis identificam dois tipos de aprendizagem: a superficial e a profunda. A aprendizagem superficial verifica-se quando o processo de aquisição cognitiva se limita à reprodução do conteúdo ensinado. A motivação é focalizar nos tópicos e elementos mais importantes, para tentar reproduzi-los com precisão; por isso os estudantes não vêm conexão entre os elementos ou significados e as implicações do que é aprendido. A aprendizagem profunda verifica-se quando o processo de aquisição cognitiva exige um entendimento intrínseco sobre o conteúdo, e envolve processos de um nível cognitivo mais alto: *“a procura por analogias, relações com o conhecimento prévio, teorização sobre o que foi aprendido e derivações de extensões e exceções”* Biggs (1995), citado em Amantes e Borges (2004, p. 4)

As diferentes aprendizagens, superficial ou profunda, dependem e são consequência das diferentes formas em lidar com um conteúdo, seja quando a aprendizagem é realizada utilizando-se atributos de um único modo (unimodal) seja quando é realizada com atributos de vários modos simultaneamente (multimodal).

A teoria proposta por estes autores baseia-se na conceção multimodal do desenvolvimento cognitivo, coexistindo diferentes modos de pensamento em relação a diferentes âmbitos do conhecimento e consideram a maturidade, disponibilidade para aprender, a reação perante o confronto com um problema, o suporte social e o nível das respostas no modo anterior como fatores que determinam e condicionam a evolução no modo de pensamento para o estágio seguinte. A partir desses princípios, os autores propõem um sistema para categorizar respostas, questões e tarefas: a Taxonomia SOLO.

Segundo Biggs e Tang (2011) a taxonomia SOLO é útil para avaliar os níveis de compreensão que se pretende que o aluno alcance quando é transmitido determinado conteúdo. Fornece um critério objetivo, descrevendo de que modo o desempenho de um aluno aumenta em complexidade enquanto concretiza muitas tarefas académicas, podendo assim ser usada para definir os resultados da aprendizagem pretendidos nas diferentes matérias, ajudando a identificar as áreas em que o aluno deve trabalhar e em simultâneo permite avaliar os resultados da aprendizagem, transmitindo a que nível o aluno se encontra. A taxonomia SOLO classifica os resultados da aprendizagem tendo em conta a sua qualidade estrutural, o que a torna útil para definir os níveis de compreensão. Estes, por sua vez, podem ser usados como referência para análise dos resultados de aprendizagem escritos. À medida que o aluno aprende, os resultados da sua aprendizagem apresentam estados semelhantes de uma complexidade estrutural crescente. Existem duas mudanças principais: a quantitativa, quando os detalhes nas respostas do aluno aumentam e a qualitativa, quando esse detalhe se torna parte integrante de um padrão estrutural. A mudança quantitativa da

aprendizagem verifica-se no estágio inicial do processo de aprendizagem, progredindo posteriormente para uma mudança qualitativa da aprendizagem.

A definição exata de Taxonomia decorre do seu campo de aplicação original, enquanto subdisciplina da biologia que se baseia na conceção, nomeação e classificação dos grupos de organismos biológicos. Genericamente, aplicando o conceito a outros domínios do saber, podemos entender a Taxonomia como uma metodologia de classificação ou categorização, ordenada de acordo com determinadas características específicas que engloba as fases de identificação, descrição, nomenclatura e classificação.

No domínio que nos ocupa, podemos definir a Taxonomia como um sistema de categorização que identifica e descreve, de forma sistemática a evolução da complexidade de conhecimento de um aluno e que pode ser usado como ferramenta metodológica para pesquisas que avaliam aprendizagem.

Biggs e Collis (1982) defendem que se pode avaliar o desempenho de um certo indivíduo, num determinado momento, sem fazer qualquer tipo de dedução sobre a sua estrutura cognitiva. Propõem, assim que a análise incida sobre a qualidade das respostas do indivíduo durante o desempenho de determinada tarefa, ao invés das capacidades dos indivíduos. Isto é, defendem que a resposta apresenta uma certa qualidade de desempenho intrínseca, à qual é possível atribuir uma categoria, independentemente do conhecimento das capacidades individuais do aluno, justificando, assim, que em circunstâncias distintas o desempenho possa ser diferente, sem que tal signifique que as capacidades individuais se modificaram.

A Taxonomia SOLO define cinco categorizações. Cada categorização é estabelecida de acordo com três parâmetros que permitem individualizar e categorizar os diferentes tipos de resposta que lhe correspondem: as capacidades, as operações envolvidas e a consistência / capacidade de concluir.

As capacidades referem-se ao conhecimento e ao tempo de atenção requeridos por cada um dos níveis SOLO, que resultam na capacidade de memória de trabalho. No nível pré-estrutural poderá nem ocorrer um período de atenção suficiente para recordar pelo menos um aspeto relevante e obter uma conclusão muito rápida e sem consistência. O número de fatos que é possível recordar e o tempo de atenção é maior no nível abstrato, onde é necessário recordar vários conhecimentos em simultâneo, bem como estabelecer relações entre eles. As operações envolvidas dizem respeito à forma como as respostas produzidas são adequadas às questões formuladas, isto é, a capacidade de relacionar a resposta com a pergunta ou a tarefa com o estímulo.

Uma resposta de nível uni-estrutural invocará apenas um aspeto relevante, a resposta de nível multi-estrutural apresenta vários aspetos relevantes, mas sem ligação entre eles, a resposta de nível relacional mostra que o indivíduo é capaz de estabelecer algumas ligações lógicas entre os aspetos referidos, mas não consegue ter uma visão global do conhecimento que está envolvido. Numa resposta de nível abstrato a resposta vai para além dos dados fornecidos, introduzindo a dedução lógica e formulando um princípio geral abstrato que permita fazer várias deduções.

A consistência e a capacidade de concluir referem-se à necessidade de chegar a uma conclusão consistente, isto é, sem contradições entre a conclusão e os dados fornecidos. Quanto mais rápida for a obtenção da conclusão, menos informação será utilizada e, logo, maior será o perigo de criar contradições entre os dados e a conclusão. Numa resposta de nível relacional, a resposta apresenta uma conclusão capaz de relacionar todos os aspetos relevantes, evidenciando uma coerência global, contudo, a conclusão final, sendo correta num contexto, pode mostrar-se falível noutra, mostrando forte dependência dos aspetos concretos. Só a resposta de nível abstrato mostrará uma consistência global, estabelecendo princípios aplicáveis a qualquer contexto.

De acordo com estes parâmetros de categorização, as questões analisadas podem evidenciar níveis distintos de complexidade no entendimento e capacidade de resposta.

Nas respostas no nível pré-estrutural, as respostas explicitadas são inadequadas. O indivíduo elabora a resposta num nível inferior ao solicitado pela questão que lhe é colocada, sem demonstrar capacidade para focar no essencial e eliminar aspetos irrelevantes, a resposta oferecida revela que a atenção dedicada ao tema foi manifestamente insuficiente para demonstrar conhecimento sobre pelo menos um aspeto relevante. A conclusão é rápida e sem consistência, sendo expectável a contradição entre os dados utilizados e a conclusão, por insuficiência da informação utilizada, não reconhece nem consegue resolver a questão, justificando assim a ausência desta categoria nos exames.

Nas respostas de nível uni-estrutural o foco da resposta é correto, mas convoca ou dispõe de pouca informação no seu processo de resolução e a resposta será tendencialmente inconsistente, recorre apenas a um aspeto relevante.

Nas respostas de nível multi-estrutural, a resposta percebe corretamente a relevância da informação requerida para a sua resposta e apresenta vários aspetos relevantes. Na estruturação da resposta, porém, ao não identificar um elemento essencial, não se demonstra a correta ligação entre os aspetos relevantes, o que torna as respostas suscetíveis de inconsistências. A resposta pode ser rica em pormenores, mas é estruturalmente empobrecida.

Nas respostas do nível relacional, as informações na resposta são corretamente percebidas, os dados são avaliados e as relações são corretamente estabelecidas. A resposta da questão apresenta uma estrutura coerente na relação dos dados invocados e não há inconsistências. Uma resposta deste nível mostra que o indivíduo é capaz de estabelecer ligações lógicas e relevantes entre os dados solicitados, mas não demonstra uma visão global do conhecimento que está envolvido e apresenta uma conclusão capaz de relacionar todos os aspetos relevantes, evidenciando uma coerência global. Contudo, a conclusão final, sendo correta naquele contexto, poderá não ser aplicável noutras situações, uma vez que depende muito dos aspetos concretos.

Este aspeto é ultrapassado ao nível abstrato, pois neste nível, demonstra-se capacidade para adaptar a informação a conceitos gerais suscetíveis de convocar a estrutura requerida para um novo quadro com

características mais abstratas. Na resposta de nível abstrato, a resposta demonstra um nível de conhecimento global capaz de estabelecer princípios aplicáveis a qualquer contexto comparável, onde evidencia que foram recordados vários conhecimentos em simultâneo, com um nível e tempo de atenção adequados, de forma a conseguir estabelecer relações entre eles. Vai para além dos dados fornecidos, introduzindo a dedução lógica e formulando um princípio geral abstrato que permita fazer várias deduções. Só neste nível abstrato as respostas mostrarão uma consistência global, estabelecendo princípios aplicáveis a qualquer contexto.

Ao responder a determinada questão, qualquer indivíduo pode exibir o seu conhecimento em diferentes níveis de complexidade para o mesmo modo de pensamento, ou seja, entra num determinado modo quando treina capacidades elementares para atingir o desempenho uni-estrutural desse modo, evoluindo até produzir uma resposta mais elaborada, multi-estrutural e chegar a um nível mais complexo, relacional. Quando chegar ao nível abstrato, significa que passa a funcionar no modo de pensamento imediatamente mais elevado de entendimento cognitivo.

Sendo assim, a análise da complexidade das questões tendo como base a categorização das respostas torna a Taxonomia SOLO interessante para o modelo de análise que propomos, uma vez que o foco não está no grau de correção das respostas, mas na natureza das mesmas, codificadas em categorias baseadas nos níveis SOLO.

Os níveis crescem em complexidade, através de uma crescente procura pelo aumento da quantidade de memória ou poder de concentração. Estes níveis de complexidade são ordenados representando a progressão do entendimento, baseado em elementos concretos para o entendimento de elementos abstratos, através de um processo crescente de organização do número de dimensões relacionadas, de consistência entre essas relações e generalização dos princípios utilizados.

Nos níveis uni-estrutural e multi-estrutural, apenas se interpreta a informação dada e utiliza-se uma estratégia conhecida para fornecer a resposta, enquanto nos níveis relacional e abstrato tem de pensar em vários objetos e conhecimentos de uma só vez e avaliar quais estão relacionados. Os níveis uni-estrutural e multi-estrutural estão relacionados com a aprendizagem superficial, enquanto o relacional e o abstrato se relacionam com a aprendizagem profunda.

A Taxonomia SOLO tem sido utilizada de diferentes formas e nos vários domínios do conhecimento, uma vez que apresenta um sistema coerente para identificação de formas de pensamento em tarefas realizadas por alunos. Adaptando este modelo para o foco na questão que é colocado ao indivíduo, podemos categorizar as respostas das questões de um exame por sua vez fazemos a análise do grau de complexidade exigido pela questão.

Este método convoca, assim, os aspetos qualitativos da avaliação da aprendizagem e é, por isso, uma referência importante como instrumento metodológico de pesquisas educacionais. Uma vez que a Taxonomia SOLO apresenta um sistema para identificação de formas de pensamento em tarefas realizadas pelo indivíduo, a sua utilização é moldável a diversas intenções no processo educativo, sendo utilizada por

professores, com a finalidade de avaliar aprendizagens, avaliar o tipo de ensino preconizado pelos docentes e para avaliar programas de ensino, além de servir como instrumento metodológico de pesquisas educacionais, mais concretamente na avaliação da qualidade dos exames, como a que ora promovemos.

A Taxonomia SOLO demonstra ainda a vantagem de ser um modelo aplicável à avaliação da qualidade dos exames, independentemente do grau escolar ou disciplina, uma vez que os conceitos que enuncia são gerais e adaptáveis a diferentes situações, o que a torna especialmente apta para que a avaliação seja efetuada de forma objetiva e sistemática. Permite relacionar os resultados obtidos e constatados na resposta, com as intenções originais do processo de aprendizagem/ensino, dotando os decisores e intervenientes no processo de informação que permita uma melhor compreensão quer da posição da matemática no currículo escolar quer das técnicas de aula que poderão melhorar o desempenho na disciplina. Como sugere uma progressão do indivíduo em cinco níveis de complexidade dentro de um modo específico, a sua utilização por professores leva ao desenvolvimento de programas.

Por se tratar de um modelo amplamente estudado e que tem recebido o contributo de inúmeros investigadores que já o utilizaram e/ou estudaram, também nós seguiremos de perto o modelo de caracterização, que parte das premissas de Biggs e Collis e que, como vimos, assenta em pressupostos que nos permitem utilizá-lo como ferramenta metodológica em pesquisas educacionais, pelo que, conforme salientámos, constituirá a base teórica e metodológica do nosso estudo.

O modelo que utilizamos, e que consideramos o mais explícito e completo, foi elaborado e construído no âmbito de diversas reuniões de vários grupos de trabalho na Faculdade de Ciências da Universidade Nova ao longo de vários anos, tendo em consideração a quantidade de conhecimentos envolvidos na abordagem da resposta de cada questão, a complexidade do raciocínio exigido e o tipo de solução ou soluções requeridas, em cada questão, em contexto de exame.

A Tabela 1. que se segue, pretende resumir os critérios que ao serem aplicados permitem indicar e classificar a categoria de cada resposta da questão do exame.

Tabela 1. Descrição dos níveis na Taxonomia SOLO relacionando-os com os indicadores de resposta adaptado de Biggs e Collis (1982)

Categoria	Parâmetros de Análise: Tópicos e Procedimentos			
	Tópicos		Procedimentos	
	Quantidade	Nível	Grau de Inovação	Integração dos Procedimentos
<b>Categoria Abstrato</b>	<b>Dois ou mais tópicos</b> foram utilizados	<b>Superior</b> - Foram utilizados tópicos de nível igual ou superior ao do programa.	<b>Inédito</b> - Envolve a elaboração de hipóteses de trabalho e de estratégias inovadoras.	<b>Interligados</b> - Os procedimentos evidenciam a aplicação de vários conceitos e informações de forma integrada e simultânea.
<b>Categoria Relacional</b>	<b>Dois ou mais tópicos</b> foram utilizados	<b>Adequado</b> - Foram utilizados tópicos de nível análogo ao do	<b>Réplica</b> - Envolve hipóteses de trabalho e	<b>Interligados</b> - Os procedimentos evidenciam a aplicação de vários



		programa.	estratégias descritas nos programas	conceitos e informações de forma integrada e simultânea
<b>Categoria Multi-estrutural</b>	<b>Dois ou mais tópicos</b> foram utilizados	<b>Adequado</b> - Foram utilizados tópicos de nível análogo ao do programa	<b>Réplica</b> - Envolve hipóteses de trabalho e estratégias descritas nos programas.	<b>Compartimentados</b> - Os procedimentos mostram a aplicação de vários conceitos e informações de forma isolada e sucessiva
<b>Categoria Uni-estrutural</b>	<b>Um único tópico</b> foi utilizado.	<b>Adequado</b> - Foi utilizado um tópico de nível análogo ao que está prescrito no programa.	<b>Réplica</b> - Envolve uma hipótese de trabalho ou estratégia descrita nos programas.	(Não aplicável)
<b>Categoria Pré-estrutural</b>	<b>Um único ou nenhum tópico</b> foi utilizado.	<b>Inferior</b> - Foram utilizados tópicos de nível inferior ao do programa ou informação do senso comum.	Não envolve qualquer tipo de réplica (ou situação inédita).	

Conclusões
<b>Tipo 1</b> - Os elementos que contribuíram para a obtenção da conclusão foram harmonizados
<b>Tipo 2</b> - A conclusão decorre exclusivamente dos procedimentos matemáticos envolvidos na resolução

### 3 ANÁLISE DA COMPLEXIDADE DE QUESTÕES DOS EXAMES NACIONAIS DE MATEMÁTICA A COM BASE CATEGORIZAÇÃO SOLO DAS SUAS RESPOSTAS

#### 1. Objeto - Categorização SOLO

Para a categorização SOLO das respostas das questões dos exames seguimos o modelo de aplicação da Taxonomia SOLO apresentado anteriormente enquanto metodologia de análise da complexidade das questões. Uma das características e virtudes da Taxonomia SOLO é, como vimos, a possibilidade de utilização de conceitos adaptáveis a diferentes intenções, seja de avaliação, seja enquanto instrumento metodológico. É uma Taxonomia que estabelece um sistema simples de categorias que não depende do conteúdo disciplinar ou temático avaliado e que pode ser aplicado como instrumento para vários propósitos.

Seguindo a proposta metodológica exposta, iniciámos um processo de categorização das respostas das questões dos exames a partir da análise a luz da taxonomia SOLO da sua resposta. As complexidades das questões foram analisadas na perspetiva da resolução convocada na resposta, isto é, da solução hipotética da questão. A análise das soluções hipotéticas ou propostas de resolução, permitir-nos-á categorizar as respostas de acordo com o nível de complexidade que apresentam.

Na proposta de resolução de cada questão analisada no âmbito deste trabalho, procurámos ser coerentes com os conhecimentos e capacidades expectáveis para um aluno do 12º ano, tendo em conta as competências e conhecimentos decorrentes do programa oficial da disciplina, com os critérios de correção

e classificação, com as propostas de resolução dos exames apresentadas por instituições associativas ligadas à Matemática ou ao ensino da Matemática e com os procedimentos apontados em manuais de apoio que consultámos, em relação aos programas a cada momento vigentes.

Concebida uma solução hipotética, esta foi examinada de acordo com três parâmetros: Tópicos, Procedimentos e Conclusões (Topics, Procedures and Conclusions, na terminologia original em Biggs e Collis, 1982).

Os três parâmetros foram estabelecidos à semelhança dos parâmetros que Biggs e Collis utilizaram na Taxonomia SOLO.

O parâmetro *Tópicos* estabelece os critérios que permitem analisar os conhecimentos e informações matemáticas envolvidos na resolução das questões, isto é, os conteúdos, temas ou informações utilizadas na resolução de cada questão, definidos pelos programas da Disciplina de Matemática A.

Na análise deste parâmetro considerámos dois aspetos: o número de tópicos utilizados na resolução construída e a adequação desses tópicos ao grau de escolaridade a que se destina o exame. O número de tópicos envolvidos na construção da solução resulta da contagem dos descritores explicitados nos programas correspondente a esse grau de escolaridade.

Se existir um único descritor consideraremos que foi utilizado um único tópico, o que corresponderá às categorias de nível uni-estrutural ou pré-estrutural. Se existirem dois ou mais descritores diremos que estão envolvidos mais do que um tópico, correspondendo às categorias de nível abstrato, relacional ou multi-estrutural. Referindo que, como seria previsível, não existe qualquer tipo de descritor quando se trata de um conhecimento do senso comum, o que corresponderá à categoria de nível pré-estrutural,

Sempre que existam, para os tópicos envolvidos na resolução de uma questão, descritores nos respetivos programas, o tópico será adequado ao grau de escolaridade, o que corresponde às categorias relacional, multi-estrutural e uni-estrutural.

Quando os descritores surgem em programas de Matemática de grau de escolaridade mais avançados, de nível superior ao exigido no grau de escolaridade em análise ou quando os tópicos estão num descritor de um programa de grau de escolaridade anterior ou respeita a aspetos do senso comum, sem ligação direta à Matemática, a situação será enquadrada na categoria abstrato ou na categoria pré-estrutural, respetivamente.

O parâmetro *Procedimentos* analisa as ações utilizadas na resolução das questões. Um primeiro aspeto a ter em conta será verificar se essas ações são réplicas de outras já anteriormente utilizadas ou se, pelo contrário, são inéditas. Um segundo fator a testar, nos casos em que são utilizados pelo menos dois tópicos, é verificar se estes são trabalhados de forma interligada. Para verificar se um determinado procedimento é uma réplica ou inédito recorreremos aos programas do 12º ano, relativos ao exame em análise. Desta forma, se a ação estiver descrita no programa, nos objetivos, nas notas metodológicas, ou ainda noutra qualquer secção, estamos perante uma ação que reproduz uma prescrição do programa, pelo que se trata de

um procedimento que é uma réplica. Este tipo de procedimento deverá ser encontrado nas categorias relacional, multi-estrutural e uni-estrutural. Se a ação estiver prescrita em programas de grau superior ou não estiver de todo prescrita, classificamos o procedimento como inédito, enquadrando-o na categoria abstrato. Caso as ações estejam prescritas em programas de nível inferior ou não estejam de todo prescritas, pelo fato de serem situações do senso comum, não sendo possível estabelecer qualquer hipótese de trabalho ou estratégia prescrita no programa, que configura um caso que não se pode enquadrar em qualquer dos tipos anteriores, réplica ou inédito, corresponderá a um procedimento próprio da categoria pré-estrutural. No caso do segundo fator, sempre que dois ou mais tópicos sejam utilizados para estabelecer a estratégia a utilizar, se as ações evidenciarem a aplicação desses tópicos de forma integrada e simultânea diremos que estamos perante um procedimento interligado, próprio das categorias abstrato e relacional. Se, por outro lado, as ações mostram a aplicação dos tópicos de forma isolada e sucessiva, uma após a outra, o procedimento será compartimentado e atribuído à categoria multi-estrutural.

Por fim, nas *Conclusões* analisamos se a resposta obtida respeita as eventuais hipóteses de trabalho construídas, as condições e as informações colocadas na questão, e os tópicos matemáticos envolvidos na resolução. Se a solução encontrada respeita as condições e informações estabelecidas na questão, as hipóteses de trabalho estabelecidas, os tópicos matemáticos envolvidos e a eventual ocorrência de diferentes soluções, garantindo a coerência entre todos estes elementos, estamos perante uma conclusão conciliada, ou de Tipo 1, própria da categoria abstrato e, em algumas situações, casos em que as hipóteses de trabalho são réplicas de trabalho efetuado durante a escolaridade, da categoria relacional. Na situação em que a conclusão da questão depende exclusivamente da harmonização entre os tópicos matemáticos envolvidos ou, ainda, quando as condições da questão desempenham um papel secundário ou que não são relevantes para a obtenção da solução, consideramos que se trata de uma conclusão parcialmente conciliada, ou de Tipo 2 e será esperada normalmente nas categorias multi-estrutural e uni-estrutural, mas que poderá também ocorrer na categoria relacional. Quando a conclusão não pode ser incluída nas categorias anteriores, por não existir qualquer tipo de condições a respeitar ou não ser necessário qualquer conhecimento matemático, pelo que na obtenção da solução não poderá existir harmonização entre os elementos referidos, referimo-nos a estas situações como conclusões não conciliadas e próprias da categoria pré-estrutural.

Salientando, novamente, que o nível pré-estrutural não se encontra em nenhum dos exames estudados pois são direcionados a indivíduos com um elevado grau de escolaridade, sendo estes considerados tanto na sua conceção como na sua resolução pelo IAVE.

## **2. Operacionalização da Taxonomia**

Na sequência da proposta de resolução idealizada elaborada para cada questão, prosseguimos para a Categorização da resposta da questão num dos vários níveis propostos na Taxonomia SOLO de acordo com os três parâmetros propostos - *Tópicos, Procedimentos e Conclusão*. Esta metodologia foi inicialmente

aplicada em 18 exames nacionais de Matemática, período de 2006 a 2014. No entanto, neste artigo apenas vamos exemplificar e apresentar a categorização das respostas de quatro questões do exame de 2013 da 2ª fase, onde explicitamos as categorizações distintas, neste caso a uni-estrutural a multi-estrutural a relacional e abstrata, não tendo sido identificada nenhuma questão com resposta do nível pré-estrutural como esperado..

Para cada questão elaborámos uma *Ficha de questão*, onde identificámos a questão, os critérios específicos de classificação, apresentámos uma proposta de resolução e categorizámos a resposta da questão de acordo com os três parâmetros propostos - Tópicos, Procedimentos e Conclusão – terminando com a Categorização da resposta num dos vários níveis propostos na Taxonomia SOLO. Na resolução pormenorizada das questões considerámos os itens adequados a cada passo da proposta de resolução, enunciamos os tópicos identificados em concreto para categorizar as respostas das questões. O exame de 2013 da 2ª fase e os critérios específicos de classificação poderão ser consultados em anexo, tendo sido retirados do IAVE. Como referencial para a identificação dos tópicos seguimos os conteúdos propostos por Carvalho, et al. (2002).

Através do procedimento aplicado a um exemplo de exame, recorrendo à categorização SOLO, respondemos à questão inicialmente colocada, - *Como analisar a complexidade das questões dos exames nacionais com aplicação da Taxonomia SOLO?*

#### *Questão 4 do Grupo I – Uni-estrutural*

##### *Proposta de resolução:*

A função  $f$  é contínua em  $[-e, 1]$ . Como  $f(-e) = 1$  e  $f(1) = e$  então

$f(-e) < \frac{e}{2} < f(1)$ . Logo, pelo teorema de Bolzano existe pelo menos um  $c \in ]-e, 1[$  :

$f(c) = \frac{e}{2}$ , ou seja, a equação  $f(x) = \frac{e}{2}$  tem pelo menos uma solução em  $]-e, 1[$ ; Resposta: D.

##### *Categorização da resposta da questão:*

##### *Tópicos:*

Na resolução da questão, o aluno tem de analisar a questão e identificar a necessidade da utilização do teorema de Bolzano. O aluno tem de aplicar o teorema de Bolzano e identificar qual das soluções preenche os seus requisitos. Foi aplicado *um único tópico*, ou seja, existe um único conhecimento envolvido e de grau adequado ao nível de escolaridade em presença: “Teorema de Bolzano – Cauchy e aplicações numéricas.” (Carvalho e Silva, et al, 2002).

Estamos perante um tópico que está no programa de 12º ano, “Tema II - Introdução ao Cálculo Diferencial II” (Carvalho e Silva, et al., 2002).

*Procedimento:*

O tipo de processo solicitado é uma réplica, dado que se enquadra no trabalho normal para este grau de escolaridade, a resolução envolve a aplicação de hipóteses de trabalho e de estratégias descritas no currículo previsto no programa do 12º ano.

*Conclusões:*

A resposta decorre exclusivamente dos procedimentos matemáticos envolvidos na resolução, não sendo necessário, no final, atender às condições do contexto estabelecido no item. A resposta é do Tipo 2.

*Categorização:*

Classificamos na categoria *uni-estrutural*.

*Questão 4.2 do Grupo II – Abstrato*

*Proposta de resolução:*

Para mostrar que o gráfico de  $f$  admite uma assíntota oblíqua de equação  $y = mx + b$ , quando  $x \rightarrow -\infty$ , se existirem  $m$  e  $b$  finitos, temos (12ºano; Tema II: 8.1 e 8.3):

$$m = \lim_{x \rightarrow -\infty} \frac{f(x)}{x} = \lim_{x \rightarrow -\infty} \frac{xe^{3+x} + 2x}{x} = \lim_{x \rightarrow -\infty} \frac{x(e^{3+x} + 2)}{x} = \lim_{x \rightarrow -\infty} (e^{3+x} + 2) =$$
$$\lim_{x \rightarrow -\infty} e^{3+x} + \lim_{x \rightarrow -\infty} 2 = e^{3+(-\infty)} + 2 = e^{-\infty} + 2 = 0^+ + 2 = 2$$

$$b = \lim_{x \rightarrow -\infty} [f(x) - mx] = \lim_{x \rightarrow -\infty} (xe^{3+x} + 2x - 2x) = \lim_{x \rightarrow -\infty} (xe^{3+x}) = -\infty \times e^{3+(-\infty)} = -\infty \times e^{-\infty} + 2 = -\infty \times 0^+ \text{ (indeterminação) (12ºano; Tema II: 1.2, 1.3, 4.1 e 4.2)}$$

(fazendo  $y = -x$ , temos  $x = -y$  e se  $x \rightarrow -\infty$ , então  $y \rightarrow +\infty$ )

$$b = \lim_{x \rightarrow -\infty} (xe^{3+x}) = \lim_{y \rightarrow +\infty} (-ye^{3-y}) = - \lim_{y \rightarrow +\infty} (ye^{3-y}) = - \lim_{y \rightarrow +\infty} \left( y \times \frac{e^3}{e^y} \right) = - \lim_{y \rightarrow +\infty} \left( e^3 \times \frac{y}{e^y} \right) =$$
$$= - \lim_{y \rightarrow +\infty} e^3 \times \lim_{y \rightarrow +\infty} \frac{y}{e^y} = -e^3 \times \lim_{y \rightarrow +\infty} \frac{1}{\frac{e^y}{y}} = -e^3 \times \frac{\lim_{y \rightarrow +\infty} 1}{\lim_{y \rightarrow +\infty} \frac{e^y}{y}} = -e^3 \times \frac{1}{+\infty} = -e^3 \times 0$$

Limite notável

$$= 0 \text{ (12ºano; Tema II: 8.1, 8.2 e 8.3)}$$

Assim temos que a reta de equação  $y = 2x$  é uma assíntota do gráfico de  $f$  quando  $x$  tende para  $-\infty$ .

*Categorização da resposta da questão:*

*Tópicos:*

Na resolução da questão, o aluno inicialmente tem de identificar informação relevante. Tem de conhecer e determinar as assíntotas do gráfico de uma função, mais especificamente, a função oblíqua.

Analisar o limite e hierarquizar os passos necessários para resolver o limite. Conhecer propriedades de limites, cálculo de limite envolvendo funções exponenciais existindo necessidade de conhecer as regras operatórias das exponenciais. Para levantar as indeterminações dos limites apresentados é necessário utilizar o método de mudança de variável.

Foram aplicados *dois ou mais tópicos*, tal como demonstrei anteriormente na proposta de resolução e de grau adequado ao nível de escolaridade em presença: “Funções exponenciais e logarítmicas.”, “Regras operatórias de exponenciais e logaritmos.”, “Teoria de limites.”, “Propriedades operatórias de limites; limites notáveis.”, “Indeterminações.”, “Assíntotas.” e “Continuidade.” (Carvalho e Silva, Jaime, et al., DES - ME, MatA-12ºano, 2002, p. 4 e 5).

Os tópicos aplicados, foram de nível igual ou superior ao programa de 12ºano, mais especificamente, são utilizados tópicos de nível superior relativos ao “Tema II - Introdução ao Cálculo Diferencial II” (Carvalho e Silva, Jaime, et al., DES - ME, MatA-12ºano, 2002). As indicações metodológicas dizem-nos que o programa apenas pressupõe o levantamento de indeterminações em casos simples, e nesta questão são colocadas indeterminações mais complexas onde se tem de aplicar o método da mudança de variável para resolver o limite. “Indicações metodológicas – as indeterminações são referidas apenas para mostrar as limitações dos teoremas operatórios, o programa apenas pressupõe que se levantem as indeterminações em casos simples.” (Carvalho e Silva, Jaime, et al., DES - ME, MatA-12ºano, 2002).

#### *Procedimento:*

O tipo de processo solicitado é inédito, dado que envolve a elaboração de hipóteses de trabalho e de estratégias inovadoras para este grau de escolaridade.

Ao analisarmos a resolução da questão verificamos que os procedimentos estão interligados, ou seja, os procedimentos evidenciam a aplicação de vários conceitos e informações de forma integrada e simultânea.

#### *Conclusões:*

A resposta decorre exclusivamente dos procedimentos matemáticos envolvidos na resolução, não sendo necessário, no final, atender às condições do contexto estabelecido na questão. A resposta é do Tipo 2.

#### *Categorização:*

Podemos então classificá-la como categoria *Abstrato*.

#### *Questão 5 do Grupo II – Multi-estrutural*

##### *Proposta de resolução:*

Começando por determinar  $g''$  temos:

$$g''(x) = (g'(x))' = (\ln(e^x + 6e^{-x} + 4x))' = \frac{(e^x + 6e^{-x} + 4x)'}{e^x + 6e^{-x} + 4x} = \frac{(e^x)' + (6e^{-x})' + (4x)'}{e^x + 6e^{-x} + 4x}$$

$$= \frac{e^x + 6(x)'e^{-x} + 4}{e^x + 6e^{-x} + 4x} = \frac{e^x - 6e^{-x} + 4}{e^x + 6e^{-x} + 4x}$$

Para determinar o sentido das concavidades, vamos estudar o sinal de  $g''$  (12ºano; Tema II: 2.1, 4.1 e 4.2):

$$g''(x) = 0 \Leftrightarrow \frac{e^x - 6e^{-x} + 4}{e^x + 6e^{-x} + 4x} = 0 \Leftrightarrow e^x - 6e^{-x} + 4 = 0 \wedge e^x + 6e^{-x} + 4x \neq 0 \Leftrightarrow$$

(como  $e^x + 6e^{-x} + 4x > 0$  em  $\mathbb{R}^+$ )

$$\Leftrightarrow e^x - 6e^{-x} + 4 = 0 \Leftrightarrow e^x - 6\frac{1}{e^x} + 4 = 0 \Leftrightarrow e^x - \frac{6}{e^x} + 4 = 0 \Leftrightarrow (e^x)^2 - 6 + 4e^x =$$

0 (fazendo a substituição de variável  $y = e^x$ )

$$y^2 - 6 + 4y = 0 \Leftrightarrow y^2 + 4y - 6 = 0 \Leftrightarrow y = \frac{-4 \pm \sqrt{4^2 - 4 \times 1 \times (-6)}}{2 \times 1} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow y = \frac{-4 \pm \sqrt{16 - 4 \times 1 \times (-6)}}{2} \Leftrightarrow y = \frac{-4 \pm \sqrt{40}}{2} \Leftrightarrow y = \frac{-4 \pm \sqrt{4 \times 10}}{2} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow y = \frac{-4 \pm 2\sqrt{10}}{2} \Leftrightarrow y = -2 \pm \sqrt{10} \Leftrightarrow \underbrace{y = -2 - \sqrt{10}}_{\text{impossível}} \vee y = -2 + \sqrt{10} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow y = -2 + \sqrt{10} \Leftrightarrow e^x = -2 + \sqrt{10} \Leftrightarrow x = \ln(-2 + \sqrt{10})$$

Assim, estudando a variação de sinal da segunda derivada e relacionando com o sentido das concavidades do gráfico de  $g$ , temos (12ºano; Tema II: 3.3 e 3.4):

$x$	0		$\ln(-2 + \sqrt{10})$	$+\infty$
$g''(x)$	n.d.	-	0	+
$g(x)$	n.d.	$\cap$	P.I.	$\cup$

Logo, podemos concluir que o gráfico da função  $g$  tem (12ºano; Tema II: 8.5 e 8.6):

- a concavidade voltada para baixo no intervalo  $]0, \ln(-2 + \sqrt{10})]$ ;
- a concavidade voltada para cima em  $[\ln(-2 + \sqrt{10}), +\infty[$ ;
- um ponto de inflexão de abcissa  $\ln(-2 + \sqrt{10})$ .

(12ºano; Tema II: 3.3 e 3.4):

*Categorização da resposta da questão:*

*Tópicos:*

Na resolução da questão, o aluno tem de saber analisar a questão e identificar a informação relevante. Para isso o aluno tem de conhecer as regras da derivação (exponenciais) e relacionar o sinal da segunda derivada com o sentido das concavidades do gráfico da função. Estudar a existência de pontos de inflexão da função, calculando os zeros da segunda derivada no domínio da função. Ao calcular os zeros da função, o aluno tem de relacionar e interligar o cálculo algébrico da equação com a necessidade de utilizar a técnica de mudança de variável. Construir a respetiva tabela de variação de sinais da segunda derivada e analisa-la para responder corretamente.

Foram aplicados *dois ou mais tópicos*, tal como demonstrei anteriormente na proposta de resolução: “Cálculo diferencial.”, “Funções deriváveis.”, “Regras de derivação.”, “Segunda definição do número  $e$ .”, “Teorema da derivada da função composta.”, “Segundas derivadas e concavidade”, “Estudo de funções em casos simples.” e “Problemas de otimização.” (Carvalho e Silva, Jaime, et al., DES - ME, MatA-12ºano, 2002, p. 5 e 6).

Estamos perante tópicos que estão no programa de 12º ano, “Tema II - Introdução ao Cálculo Diferencial II” (Carvalho e Silva, Jaime, et al., DES - ME, MatA-12ºano, 2002).

*Procedimento:*

O tipo de processo solicitado é uma réplica, dado que se enquadra no trabalho normal para este grau de escolaridade, a resolução envolve a aplicação de hipóteses de trabalho e de estratégias descritas no currículo previsto no programa do 12º ano.

Este processo mostra aplicação de vários conceitos e informações de forma integrada e simultânea.

*Conclusões:*

A resposta decorre exclusivamente dos procedimentos matemáticos envolvidos na resolução, não sendo necessário, no final, atender às condições do contexto estabelecido na questão.

A resposta é do Tipo 2.

*Categorização:*

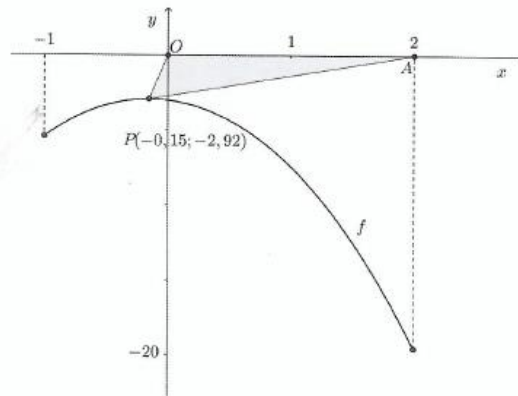
Podemos então classificá-la como categoria *Multi-estrutural*.



Questão 6 do Grupo II – Relacional

Proposta de resolução:

Consideremos a representação gráfica de  $f$  definida por  $f(x) = -x - 3^{1+\ln(x^2+1)}$  no intervalo  $[-1,2]$ , utilizando o editor de funções da calculadora definindo a função  $y_1 = f(x)$  (12ºano; Tema II: 5, 8.5, 8.6 e 8.7).



A área do triângulo  $[AOP]$  será mínima se a ordenada de  $P$  for o máximo de  $f$  neste intervalo. As coordenadas do ponto  $P$  são do tipo  $(x, f(x))$ , pelo que  $f(x)$  é a ordenada de  $P$  e  $|f(x)|$  é a altura do triângulo em relação à base  $[OA]$  (11ºano; Tema I: 1.2, 1.7, 2.2, 2.4, 2.5 e 3.6).

A área do triângulo  $[AOP]$  é dada por:

$$A_{[AOP]} = \frac{\overline{OA} \times |f(x)|}{2} = \frac{2 \times |f(x)|}{2} = |f(x)|$$

Assim, pela observação do gráfico, a função  $f$  tem máximo em  $x = a$ , que é  $f(a)$ , onde  $a \approx -0.15$  e  $f(a) \approx -2.92$ . portanto a área mínima do triângulo  $[AOP]$  é dada por  $|f(a)| \approx 2,92$ .

Categorização da resposta da questão:

Tópicos:

Para a resolução, o aluno tem de saber analisar a questão e identificar a informação relevante. Tem de manusear corretamente a calculadora gráfica e conhecer o comportamento e as propriedades da função logarítmica e exponenciais. Identificar as coordenadas de pontos de uma função usando a calculadora gráfica. Tem de possuir conhecimento de geometria, em particular distâncias entre pontos e analisar corretamente o gráfico. No cálculo da área do triângulo tem simultaneamente de utilizar a definição de módulo para definir o comprimento dos lados. O aluno tem de interligar e relacionar o conceito de módulo com comprimento dos lados quando calcula a área do triângulo utilizando funções logarítmicas.

Foram aplicados *dois ou mais tópicos*, tal como demonstrei anteriormente na proposta de resolução e de grau adequado ao nível de escolaridade em presença: “Funções exponenciais e logarítmicas.”, “Regras operatórias de funções exponenciais e logarítmicas”, “Utilização de funções exponenciais e logarítmicas na modelação de situações reais.” (Carvalho e Silva, Jaime, et al., 2002, p. 4 e 5) e “Resolução de problemas que envolvam triângulos.” (Carvalho e Silva, et al., 2002, p. 2).

Os tópicos são os adequados pois encontram-se no programa de 11ºano, “Tema I – Geometria no plano e no espaço” e no 12º ano, “Tema II – Introdução ao Cálculo Diferencial II” (Carvalho e Silva, et al., 2002).

#### *Procedimento:*

O tipo de processo solicitado é uma réplica, dado que se enquadra no trabalho normal para este grau de escolaridade, a resolução envolve a aplicação de hipóteses de trabalho e de estratégias descritas no currículo previsto no programa do 11ºano e 12º ano.

Este processo mostra aplicação de vários conceitos e informações de forma integrada e simultânea.

#### *Conclusões:*

A resposta encontrada respeita as informações e condições estabelecidas no item, quer sejam aspetos do contexto quer matemáticos. Os elementos que contribuíram para a obtenção da conclusão foram harmonizados. A resposta é do Tipo 1.

#### *Categorização:*

Podemos então classificá-la como categoria *Relacional*.

## 4 CONCLUSÃO

Ao analisar e categorizar todas as respostas das questões do exame 2013 da 2ª fase, obtivemos as seguintes informações que foram organizados na seguinte Tabela 2.

Tabela 2: Categorização SOLO – Exame Nacional de Matemática A – 2013 – 2ª fase

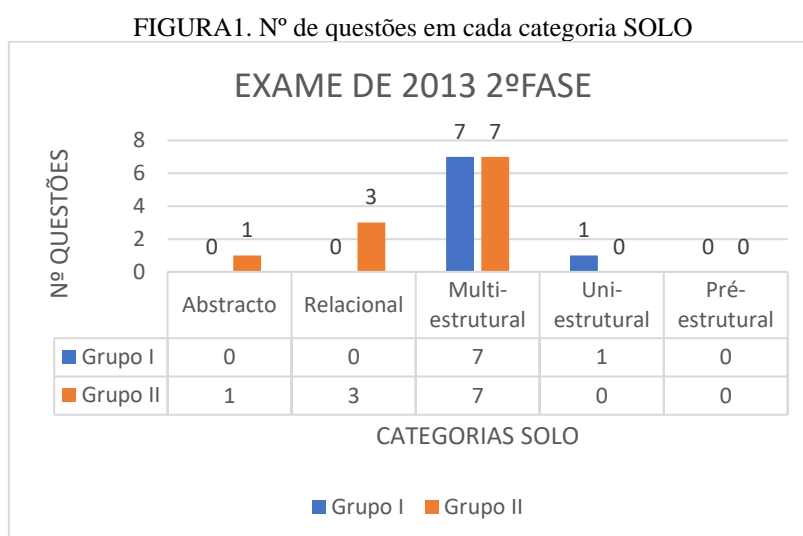
Categorias		Abstrato		Relacional		Multi-estrutural		Uni-estrutural		Pré-estrutural	
		Nº questões	Pontos	Nº questões	Pontos	Nº questões	Pontos	Nº questões	Pontos	Nº questões	Pontos
Grupo I	Tema I	0	0	0	0	2	10	0	0	0	0
	Tema II	0	0	0	0	3	15	1	5	0	0
	Tema III	0	0	0	0	2	10	0	0	0	0
Grupo II	Tema I	0	0	0	0	3	45	0	0	0	0

	Tema II	1	15	2	30	0	0	0	0	0	0
	Tema III	0	0	1	15	4	55	0	0	0	0
TOTAL		1	15	3	45	14	135	1	5	0	0

No exame exemplificado é solicitada a resposta a 19 questões, onde o Grupo I é composto por oito questões de escolha múltipla. Cada questão do Grupo I vale 5 pontos. O Grupo I corresponde, assim, ao total de 40 pontos. A valorização atribuída às questões de escolha múltipla mantém-se inalterada desde 2008. Mantém-se também a valorização das questões de desenvolvimento. Ao conjunto das questões do Grupo II, corresponde a 160 pontos. Neste exame temos três questões com respostas de categorização SOLO relacional pertencente ao Grupo II; uma questão com resposta de categorização SOLO abstrato pertencente ao Grupo II; uma questão com resposta de categorização uni-estrutural pertencente ao Grupo I, sendo as restantes catorze questões com respostas de categorização SOLO multi-estrutural sendo estas sete no Grupo I e sete no Grupo II.

Na pontuação atribuída à resposta de questão de nível abstrato que é de desenvolvimento é do Grupo II, vale 15 pontos. A pontuação atribuída às respostas das questões de categorização SOLO relacional é distribuída por três questões, todas de desenvolvimento pertencente ao Grupo II, no total de 45 pontos. A questão com resposta de categorização SOLO de nível uni-estrutural é de escolha múltipla pertencente ao Grupo I, com valorização de 5 pontos.

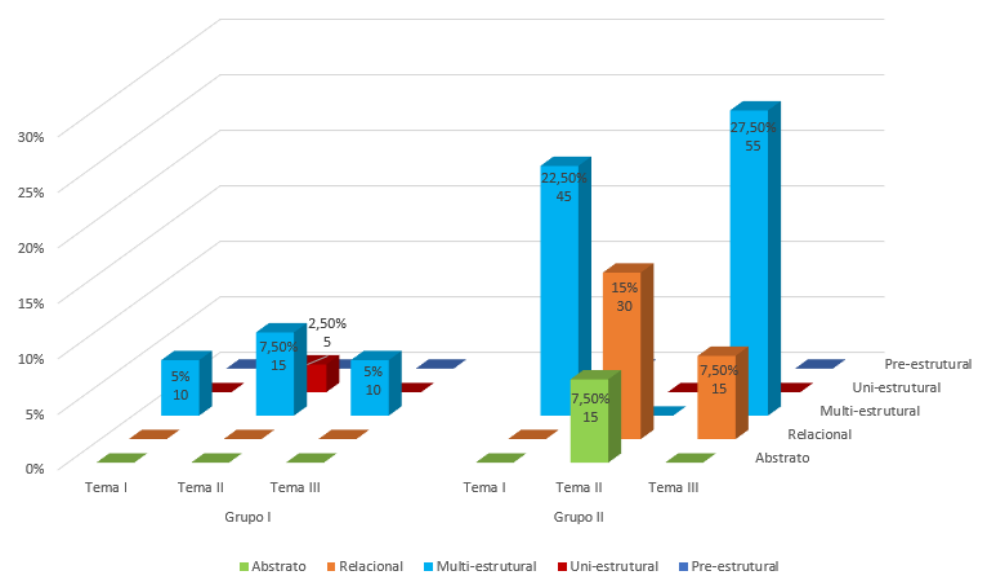
De acordo com os dados descritos, obtemos a seguinte distribuição gráfica do número de questões com respostas de cada categoria SOLO, por Grupo (FIGURA 1)



No exame verificamos que questões com respostas de categorização SOLO multi-estrutural corresponde a 135 pontos, ou seja 67,5% da pontuação total do exame, 45 pontos correspondem a questões com respostas de categorização SOLO relacional, ou seja 22,5% da pontuação total do exame e 15 pontos correspondem a respostas de questões com a categorização SOLO abstrato, ou seja, 7,5% da pontuação

total do exame e 5 pontos são atribuídos a respostas de questões de categorização SOLO uni-estrutural, ou seja, 2,5% da pontuação total do exame. Podemos observar e concluímos ainda que, de acordo com a categorização SOLO, a pontuação do exame é distribuída pelas quatro categorias uni-estrutural, multi-estrutural, relacional e abstrato de uma forma diferenciada (FIGURA 2).

FIGURA 2. Gráfico comparativo da presença dos temas, categorias e grupo no exame de 2013 2ª fase  
Exame 2013 2ª fase



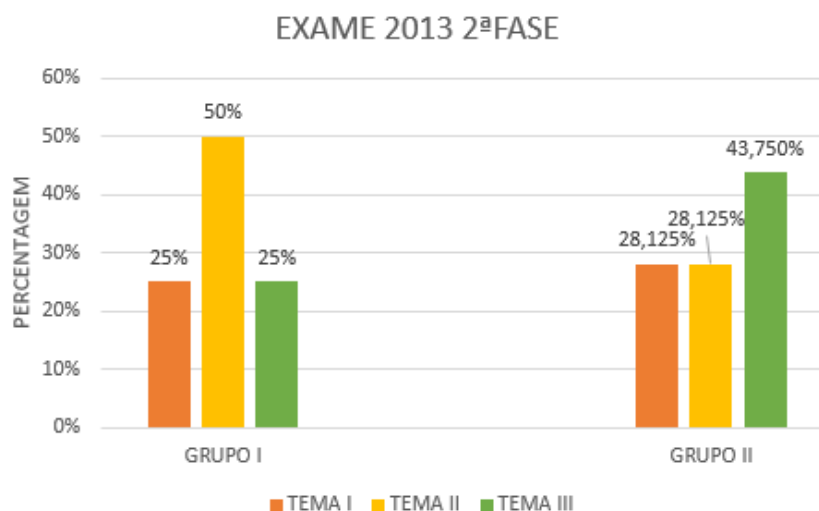
Prosseguindo com a análise do exame, observamos que no Grupo I, com o total de 40 pontos, 10 são atribuídos ao “Tema I – Probabilidades e Combinatório” que correspondem a 25% da pontuação total do Grupo I. Ao “Tema II – Introdução ao Cálculo Diferencial II” estão atribuídos 20 pontos, que correspondem também a 50% da cotação total do Grupo I. Ao “Tema III – Trigonometria e Números Complexos” estão atribuídos, nesta segunda fase, 10 pontos, correspondentes a 25% da cotação do Grupo I.

Na análise do Grupo II do exame, ao qual é atribuída a pontuação global de 160 pontos, verificamos que estão atribuídos 45 pontos ao “Tema I – Probabilidades e Combinatório”, que correspondem a 28,12% da cotação total do Grupo II. Ao “Tema II – Introdução ao Cálculo Diferencial II” estão atribuídos, na segunda fase, 45 pontos, que correspondem igualmente a 28,12% da cotação total do Grupo II.

Ao “Tema III – Trigonometria e Números Complexos” são atribuídos 70 pontos, que correspondem aproximadamente a 43,75% da cotação total do Grupo II. Observamos também que a categorização abstrata pertence apenas ao Tema II do Grupo II que corresponde a 7,5% valorização total. As respostas com categorização relacional pertencem ao Tema II e Tema III presente no Grupo II que corresponde a 22,5 % de valorização total. As respostas com categorização multi-estrutural pertence ao três Temas presentes no exame e aos Grupo I e II correspondendo 67,5% da valorização total e finalmente a categorização uni-estrutural pertence a uma resposta de uma questão do Tema II do Grupo I com valorização de apenas 2,5%.

No gráfico seguinte conseguimos observar a variação dos Temas por Grupo, constatando que 50% do Grupo I pertence ao Tema II sendo distribuído igual forma a restantes percentagem no Tema I e III. No Grupo II o Tema I e II tem igual distribuição de 28,125% tendo o Tema III valorização 43,75%, concluído que a distribuição de Temas por Grupos não é uniforme, nem dentro do Grupo nem entre os dois Grupos (FIGURA 3).

FIGURA 3. Gráfico com percentagem dos temas por grupo.



No gráfico que se segue observamos diferença na distribuição dos Temas abordados no exame na globalidade. Ao “Tema I – Probabilidades e Combinatório”, são atribuídos 55 pontos, que correspondem a 27,5% da cotação total do exame. Das questões do “Tema II – Introdução ao Cálculo Diferencial II” é atribuída a cotação de 65 pontos, no exame da primeira fase, que corresponde a 32,5% da cotação global do exame. Do “Tema III – Trigonometria e Números Complexos” é atribuída a cotação de 80 pontos, que corresponde a 40% da cotação global do exame (FIGURA 4).

FIGURA 4. Percentagem de cada tema no exame de 2013 2º fase.



Com base na informação disponível no site da Direção Geral de Educação, em [www.dge.mec.pt](http://www.dge.mec.pt), observamos que a média nacional do exame de Matemática A de 2013 do 12º ano de escolaridade, na segunda fase, foi de 84 em 200 pontos, ou seja média negativa, o que era exetável devido a presença de categorização SOLO Abstrata e Relacional em cerca de 30 % de valorização total do exame, o que significa que o exame tem algum grau de complexidade.

A metodologia usada, aqui apenas exemplificada, mas que foi testada num leque abrangente de exames de matemática, durante um período alargado de tempo, possibilitou alcançar propostas conclusivas estruturadas, sustentadas e sustentáveis.

Constatámos a presença neste exame, com maior cadência, de questões com respostas de categorização abstrata e relacional tendo um grau de complexidade elevado.

Este estudo com aplicação da Taxonomia SOLO permitiu ter uma visão longitudinal da complexidade do exame ou se quisermos de vários exames num período analisado.

Uma vez que a Taxonomia SOLO apresenta um sistema para identificação de formas de pensamento em tarefas realizadas por alunos, a sua utilização é moldável a diversas intenções no processo educativo, sendo utilizada por professores, com a finalidade de avaliar aprendizagens, avaliar o tipo de ensino preconizado pelos docentes e para avaliar programas de ensino, além de servir como instrumento metodológico de pesquisas educacionais.

A Taxonomia SOLO demonstra ainda a vantagem de ser um modelo aplicável à avaliação da qualidade da aprendizagem, independentemente do grau escolar ou disciplina, uma vez que os conceitos que enuncia são gerais e adaptáveis a diferentes situações, o que a torna especialmente apta para que a avaliação seja efetuada de forma objetiva e sistemática.

A utilização deste método, por outro lado, permite dotar o processo de avaliação de um instrumento de análise qualitativa da aprendizagem, que permita relacionar os resultados obtidos e constatados na resposta do aluno, com as intenções originais do processo de aprendizagem/ensino, dotando os decisores e intervenientes no processo de informação que permita uma melhor compreensão quer da posição da matemática no currículo escolar quer das técnicas de aula que poderão melhorar o desempenho na disciplina. Como sugere uma progressão dos alunos em cinco níveis de complexidade dentro de um modo específico, a sua utilização por professores leva ao desenvolvimento de programas que permitem aos alunos enriquecer e aumentar a sua aprendizagem profunda.

Verificando-se que este estudo pode ser generalizável e aplicável a âmbitos mais alargados ou a outros níveis do ensino da matemática, tal como em outras áreas.

A Taxonomia SOLO tem sido utilizada de diferentes formas e nos vários domínios do conhecimento, uma vez que apresenta um sistema coerente para identificação de formas de pensamento em tarefas realizadas por alunos.

Este método convoca, assim, os aspetos qualitativos da avaliação da aprendizagem e é, por isso, uma referência importante como instrumento metodológico de pesquisas educacionais.

Perante estas conclusões retiradas no exame estudado surgem questões que podem ser levantadas tais como:

Qual será o comportamento ao longo de um determinado período de análise da presença das categorias SOLO nos exames, será uniforme? Será desigual? Existem diferenças significativas nos exames na categorização SOLO no mesmo ano letivo, ou seja, 1ª fase e 2ª fase?

A valorização das questões segundo os Temas e segundo as Categorias SOLO será uniforme num determinado período de análise, qual o seu comportamento ao longo dos anos?

Ao longo de um determinado período de análise o grau de complexidade dos exames a luz da Categoria SOLO acompanha as médias nacionais dos exames nacionais da Matemática?

Como bem refere o Conselho Nacional de Educação (2015, p. 22),

“A cultura de avaliação das aprendizagens, mais orientada para a classificação e seriação [...] aprofundam o carácter sancionatório e penalizador da avaliação, ao invés de centrar o seu foco na deteção de dificuldades, com vista à determinação da intervenção adequada para colmatar as mesmas, reforçando as áreas menos fortes.”

Porque entendemos que uma mudança tem de ser precedida de dados e pressupostos fiáveis, que validem as opções a tomar, aceitámos o desafio de testar esta metodologia por aplicação a elementos concretos da realidade.

O trabalho que apresentamos não é um diagnóstico, nem deve ser entendido como tal. É apenas uma proposta de validação de uma ferramenta de análise da qualidade da avaliação, de acordo com um determinado critério analítico e com pressupostos que pretendemos também validar. Esta proposta de trabalho, em conjunto com outros métodos, poderá contribuir para obter uma radiografia completa do estado do ensino, em todas as suas componentes, variáveis e intervenientes.

O sucesso do ensino, em particular, da matemática, faz-se com o contributo de todos e de cada um de nós. Esperamos também nós, com este trabalho, humildemente contribuir para esse objetivo comum.

## REFERÊNCIAS

Amantes, Amanda & Borges, Oto (2004) *O uso da Taxonomia SOLO como ferramenta metodológica na pesquisa Educacional*”, Brasil: Universidade Federal de Minas Gerais

Biggs, J. B. & Collis, K. F. (1982) *Evaluating the quality of learning: the SOLO taxonomy*, Academic Press

Biggs, J. (1987) *Student approaches to learning and studying. Research Monograf*, Canberra: Newcastle Univ. (Australia)

Biggs, J. (1992) *Modes of learning, forms of knowing, and ways of schooling*, in Neo Piagetian Theories of Cognitive Development: Implications and Applications for Education, New York: Routledge

Biggs, J.B. (1992b) *A qualitative approach to grading students*. Herdsa News, 14(3), 3-6.

Biggs, J. (1995) *Assessing for learning: Some dimensions underlying new approaches to educational assessment.*, Alberta: The Alberta Journal of Educational Research, 41(1),17.

Biggs, J., & Tang, C. (2011). *Teaching for Quality Learning at University: What the Student Does* (4th edition ed.). London: Society for Research into Higher Education.

Carvalho, et al. (2002) *Matemática A- 12º Ano*, Ministerio da Educação, Departamento de Ensino Secundário

Catalán, M. A. Rebollo (1993) *Modelos de Evaluación: concepto y tipos*, In Colas Bravo, P. & Rebollo Catalan, M. (1993). *Evaluación de programas*. Sevilla: Ed. Kronos

Ceia & Duarte (2002) “*Os exames e a taxonomia SOLO.*”, Comunicação apresentada no XXI Seminário de Investigação em Educação Matemática, Aveiro

Ceia, M. (2002) *A taxonomia SOLO e os níveis de Van Hiele*, Comunicação apresentada no XI Encontro de Investigação em Educação Matemática, Coimbra

Filipe, Maria Adelaide Esteves Rala (2011) *A Taxonomia SOLO nos Exames Nacionais de Matemática – 9º Ano* (Dissertação para mestrado), Lisboa: Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

Mol, Solange Maria (2019), *Uma análise da complexidade cognitiva de itens de Matemática por meio da Taxonomia SOLO*. Instituto de Ciências Humanas e Sociais, Universidade Federal de Ouro Preto, Marian

### Sites consultados:

[www.cne.pt](http://www.cne.pt)

[www.gave.edu.pt](http://www.gave.edu.pt)

[www.dge.mec.pt](http://www.dge.mec.pt)