

Combinação de Líquidos: Uma Análise do Pensamento Operatório Formal por meio do Método Cínico

Aline de Oliveira SCALON¹

Andréia OSTI²

Rosely Palermo BRENELLI³

Resumo

O objetivo desta pesquisa centrou-se em identificar, analisar e avaliar as respostas de alunos sobre a transformação química da matéria, a partir da aplicação da prova de combinação de líquido. Procurou-se determinar, mediante as respostas dos alunos entrevistados, os níveis do pensamento formal em que eles se encontravam. Com esse experimento se pode mostrar como crianças a partir de doze anos são capazes de elaborar suposições a respeito da combinação de líquidos para chegar numa dada cor. Essa prova específica tem como objetivo principal avaliar a capacidade de compreensão da combinação lógica utilizando substâncias químicas. Participaram deste estudo 16 adolescentes de uma escola particular da Região Metropolitana de Campinas, São Paulo. A aplicação da prova de líquido possibilitou analisar as estratégias utilizadas por adolescentes ao resolverem um problema de combinatória. A capacidade dos estudantes de formarem sistematicamente todas as combinações possíveis demonstra a presença do pensamento combinatório, próprio do período formal.

Palavras-Chave: Ensino de Química; Pensamento Formal; Combinação de Líquidos.

¹ Licenciada em Química pela Unicamp, Professora no Colégio AESC Objetivo de Valinhos. E-mail: alinescaloniq@gmail.com.

² Doutora em Educação pela Unicamp, Professora Doutora do Departamento de Educação do Instituto de Biociências da Unesp-Rio Claro. E-mail: andreia.osti@gmail.com.

³ Doutora em Educação, Professora na Faculdade de Educação da Unicamp. E-mail: roselypb@unicamp.br.

ABSTRACT

The objective of this research focused on identifying, analyzing and evaluating the responses of students about the chemical transformation of matter, from the application of combination of liquid test. It has been examined by the answers of the interviewed students, and their levels of formal thought was sought to be identified. With this experiment we can show how children as young as twelve years are able to develop assumptions about the combination of liquid to reach a given color. This specific test's main objective is to evaluate the ability to understand the logical combination using chemical substances. The study included 16 adolescents from a private school in the Metropolitan Region of Campinas, Sao Paulo. The application of liquid test possible to analyze the strategies used by adolescents to resolve a combinatorial problem. The capacity of adolescents to form all possible combinations systematically demonstrates the presence of combinatorial thought, characteristic of the formal period.

Keywords: Teaching chemistry; Formal Thought; Combination of liquids.

Introdução

Os avanços na área da psicologia do desenvolvimento e da pedagogia têm demonstrado de maneira sistemática que as crianças apresentam formas particulares e originais de perceber e conceber a realidade. Estudar o pensamento infantil contribui para melhor compreender a maneira como as crianças pensam e representam o mundo.

De acordo com Delval (2002) a psicologia do desenvolvimento obteve enorme progresso graças à utilização do método clínico. A partir do estudo individual e da utilização de métodos experimentais conseguiu avançar na compreensão do conhecimento da percepção, memória, raciocínio e linguagem da criança.

Cabe esclarecer que a psicologia genética não é uma teoria constituída com o objetivo de ser empregada diretamente na tarefa pedagógica, mas ela foi elaborada com um propósito declaradamente epistemológico (Castorina, 1988). O problema de Piaget foi o de resolver problemas a partir de uma nova perspectiva, a do processo de formação de conhecimentos. Toda a metodologia de pesquisa experimental, a técnica de indagação clínica e a formalização estão enlaçadas cumprindo esse propósito epistemológico (Castorina, 1988). A epistemologia genética se propõe a descobrir as raízes das diversas variedades de conhecimento, desde as suas formas mais elementares, e seguir sua evolução até os níveis seguintes, até, inclusive, o pensamento científico. (Piaget, 1983).

O primeiro objetivo da epistemologia genética é o de fornecer verificações de todas as questões que cada epistemologia necessariamente levanta, mas substituindo a psicologia especulativa por análises controláveis. A epistemologia é necessariamente de natureza interdisciplinar (Piaget, 1991, p. 18)

Segundo Leite (1995, p. 114), Piaget se dedicou à *análise psicogenética* – o estudo do desenvolvimento dos conhecimentos na criança e à *análise histórica*, isto é, o estudo do desenvolvimento das diferentes noções, tais como o número, espaço, tempo, causalidade, dentre outros, nas ciências já constituídas. Para alcançar seus objetivos Piaget utilizou o método clínico, também chamado de método crítico. Esse método pode ser entendido como um procedimento para investigar como crianças, adolescentes (e até mesmo adultos) pensam, percebem e representam determinadas situações ou ações. Baseia-se em uma conversa na qual o entrevistador intervém e conduz suas questões de modo a esclarecer como o sujeito pensa. “A utilização do método clínico baseia-se no pressuposto de que os sujeitos têm uma estrutura de pensamento coerente, constroem representações da realidade à sua volta e revelam isso ao longo da entrevista ou de suas ações” (Delval, 2002, p. 70).

Os estudos desenvolvidos na Escola de Genebra por Piaget e seus colaboradores propiciaram inúmeras contribuições para o entendimento do desenvolvimento infantil. Em relação ao conjunto de provas de experimentação em Psicologia Genética pode-se dizer que essas têm servido para observar, descrever e entender o raciocínio lógico dos indivíduos, determinar o grau de aquisição de algumas noções-chave do desenvolvimento cognitivo, analisar as estruturas de pensamento numa visão genética geral bem como situar o nível de pensamento alcançado pela criança. Atualmente as provas piagetianas têm sido, segundo Weiss (2008) e Mac Donell (2004), muito utilizadas na avaliação de crianças com dificuldades de aprendizagem, constituindo um dos instrumentos de diagnóstico no atendimento psicopedagógico.

Para Visca (2008), a novidade que Piaget introduz no método clínico é o fato de utilizá-lo para estudar indivíduos normais, tentando assim identificar os caminhos pelos quais esses sujeitos chegam às suas explicações.

De acordo com Carraher (1998), no método clínico piagetiano, a finalidade do exame é compreender como o sujeito pensa, como analisa situações, como resolve os problemas a ele apresentados e como responde as contra-argumentações do examinador.

Piaget (1970) afirma que as funções essenciais da inteligência consistem em compreender e inventar, ou seja, a inteligência implica em construir estruturas e estruturar o real, ela deriva da ação e consiste em executar e coordenar as ações, em especial, sob forma interiorizada e reflexiva. Estas ações interiorizadas são operações lógicas e devem ser entendidas como ações enquanto processos de transformações. Já as estruturas consistem em organizar constantemente o real em ato ou pensamento. Em todos os estágios a inteligência se constitui de assimilações, por meio das quais as estruturas elementares da ação transformam-se em estruturas operatórias superiores.

Os trabalhos de Piaget (1973, 1991, 2001) mostraram que o conhecimento é construído pelo sujeito em interação com o meio, e que o ser humano não nasce com um sistema cognitivo pronto, mas que este se constrói na interação com o meio físico e social, através da própria atividade do sujeito. O conhecimento decorre portanto das relações e interações entre o sujeito e o objeto.

Nessa pesquisa procuramos, centrado nas bases da Epistemologia e Psicologia Genética, analisar a compreensão do fenômeno de combinação de líquidos em alunos do ensino fundamental e médio. Buscou-se situar, em suas respostas, condutas do pensamento formal na descrição e explicação de transformações químicas por meio da aplicação de uma prova denominada combinação de líquido⁴.

⁴ Fontes: Inhelder, B. *Da lógica da criança à lógica do adolescente*. SP: Pioneira, 1976. ; Visca, J. *El diagnostico operatório de adolescentes y adultos*. Buenos Aires: Visca e Visca, 2002.

O Ensino de Química

A química é a ciência que estuda os materiais e principalmente como transformá-los. Essas transformações estão presentes desde os primórdios da humanidade, quando, por exemplo, o homem utilizou cobre e estanho para produzir o bronze. Ela está inserida em praticamente todos os setores da sociedade tais como: a utilização de adubos e defensivos agrícolas, o desenvolvimento e aprimoramento de medicamentos e cosméticos, conservantes para a indústria alimentícia, nanopartículas supercondutoras, armas nucleares, dentre outros.

Segundo Atkins (2006) a química apresenta três níveis: No primeiro, o *macroscópico*, engloba-se a matéria e suas transformações, visualizam-se mudanças de cores, odores e estados físicos. O segundo nível é o *microscópico*, um mundo que não podemos ver diretamente, que é interpretado utilizando o conceito de átomos e moléculas, explicando muitas das transformações que ocorrem no nível macroscópico. O terceiro nível é o *simbólico*, no qual o químico representa tudo o que experimenta e estuda nos dois primeiros níveis.

Os experimentos realizados em laboratório são conduzidos em nível macroscópico, a interpretação dos resultados se dá em nível microscópico e a sua representação em nível simbólico. Por tanto, o tempo todo o pensamento, em química, transita por esses três níveis. Para interpretar essa ciência, o aluno deve ter conhecimento sobre os três níveis.

É quase unanimidade entre os pesquisadores na área de ensino de química que a utilização de experimentos, ou seja, aula prática em laboratório é fundamental para a interpretação da ciência, já que a química é uma ciência com base experimental. Segundo Marcondes e Peixoto (2007), as

atividades experimentais devem ser propostas para que os alunos construam seu conhecimento não sendo, portanto meramente comprobatórias de leis e teorias. O trabalho em laboratório requer do aluno a anotação organizada de suas observações e dados, o levantamento de questões que ajudem a interpretar a experiência realizada, a exploração dos seus conhecimentos prévios, reconstruindo-os e gerando suas próprias conclusões.

O Método Clínico

O método clínico pode ser definido como um procedimento de coleta e análise de dados para o estudo do pensamento de crianças e adolescentes que se realiza mediante entrevistas as quais se procura acompanhar o pensamento do sujeito no decorrer de uma dada situação. A essência do método clínico consiste em uma intervenção sistemática do pesquisador em função do que o sujeito vai fazendo ou dizendo. Na introdução do livro “A representação do mundo na criança” (1978), Piaget descreve seu método, porém não abordou o problema da análise dos dados.

De acordo com Delval, (2002), a psicologia do desenvolvimento teve um enorme progresso graças à utilização do método clínico que procura estudar minuciosamente um sujeito tomado como um caso individual. Delval (2002) afirma ser Piaget quem o introduziu na psicologia do desenvolvimento sendo o primeiro a utilizá-lo para o estudo do desenvolvimento normal. No entanto, destaca que o método clínico não está necessariamente associado à posição teórica de Piaget, tendo sido empregado por pesquisadores de outras posições teóricas. Ainda hoje, podemos encontrar um grande número de pesquisas (Delval, 2002; Weiss, 2008; Visca, 2008; Frezza, Silva e Ludovico, 2008) que se utilizam desse método para compreender e explicar a elaboração do pensamento infantil.

Vinh-Bang (1990) considera que o método clínico teve quatro grandes etapas de desenvolvimento, são elas: elaboração do método (1920 - 1930), observação clínica (1930 - 1940), formalização (1940 - 1955) e desenvolvimento (a partir de 1955). A primeira se caracteriza pela elaboração do método em si. Nesse período, Piaget e seus colaboradores registravam a conversação espontânea das crianças e as respostas as perguntas da professora ou companheiros. A segunda etapa se constitui dos resultados das observações que Piaget realizou com seus filhos e do estudo dos esquemas sensório motores e das primeiras manifestações da função simbólica. Esses estudos deram origem aos livros: O nascimento da inteligência na criança (1978), A formação do símbolo na criança (1978) e A construção do real (1979).

A terceira etapa configura um método misto porque combina o pensamento verbal e as operações concretas. Nessa fase, o método adquire a característica de crítico porque se utiliza da controvérsia, ou seja, de contra-argumentações com a finalidade de investigar e deixar a descoberto a lógica subjacente (Visca, 2008, p. 23). A etapa final se caracteriza pela reunião realizada em Genebra, onde uma equipe interdisciplinar ajudou a formular novos tipos de perguntas. O método clínico nasceu, portanto como um instrumento de verificação experimental das hipóteses relativas à origem do conhecimento.

Esse método, segundo Dolle (2000), apresenta grandes vantagens quando se trata de descobrir quais são os mecanismos do pensamento e como meio de diagnóstico e investigação das estruturas operatórias. Consiste em conversar livremente com a criança ou adolescente sobre um tema dirigido, no caso desta pesquisa, sobre a combinação de líquido, e em acompanhar a constância de seu pensamento mediante as contra-argumentações.

Provas Operatórias

Vinh-Bang iniciou, na década de 50, um vasto programa com o fim de padronizar as técnicas utilizadas nessas pesquisas e transformá-las em provas operatórias. O objetivo deste trabalho era teórico e prático. Teórico, porque era necessário estudar as relações entre os diferentes domínios abordados por Piaget – conservação, lógica, espaço, acaso e probabilidades – na tentativa de estabelecer uma hierarquia de provas e condutas e de determinar a homogeneidade ou heterogeneidade das respostas dos sujeitos às diferentes provas (Leite, 1995, p. 117). O objetivo prático era de construir um instrumento de diagnóstico – a escala operatória – para ser utilizado na prática psicológica.

A aplicação das provas, de forma geral, permite uma avaliação das condutas cognitivas de uma criança ou adolescente, interrogada em diferentes domínios do conhecimento. De forma breve e resumida, podemos dizer que as provas de classificação (mudança de critério, inclusão de classes, intersecção de classes) indagam sobre o domínio da criança a respeito dessa noção, bem como a compreensão de proposições e a coordenação de “todos” os elementos de uma classe com “alguns” elementos das subclasses incluídas.

As provas de conservação (de pequenos conjuntos discretos, superfície, líquidos, matéria, peso, volume, comprimento) são o equivalente comportamental da igualdade lógica e permitem assumir a identidade de um objeto apesar das transformações a que seja submetido. Outras provas como a de seriação, as de espaço (unidimensional, bidimensional e tridimensional) e as operatórias para o pensamento formal constituem valioso material elaborado por Piaget e estudiosos da Escola de Genebra e permitem avaliar, observar e descrever o pensamento da criança. As provas específicas para o pensamento formal possibilitam “detectar se o adolescente já alcançou o pensamento formal e em caso afirmativo, situá-lo no primeiro ou no segundo estágio desse período” (Mac Donell, 2004, p. 06).

Dentre as estratégias comuns a todas as provas podemos destacar: a apresentação do material, a indagação do entrevistador e a delimitação da intencionalidade da prova. No entanto, segundo Visca (2008), dadas as diferentes noções que as provas avaliam, existem aspectos particulares em cada uma delas, diferentes estratégias do entrevistador ao questionar a criança e roteiros específicos a seguir. Algumas provas versam sobre a noção de conservação de quantidade, referindo-se a aspectos numéricos, geométricos ou físicos, e outras indagam as questões vinculadas às classes e às relações. Os níveis de construção alcançados pela criança em cada uma das noções e sua mútua relação fazem referência ao grau de estrutura operatória que predomina em cada etapa do desenvolvimento.

Mediante as provas de diagnóstico operatório podemos chegar a determinar o grau de aquisição de algumas das noções-chave do desenvolvimento cognitivo. Cabe destacar que o método clínico tem por característica a flexibilidade que permite ao entrevistador se ajustar às condutas do sujeito, podendo intervir a qualquer momento para tornar mais claro para si o entendimento do sujeito na situação.

Piaget (1972) descreve cinco tipos de respostas na entrevista clínica, são elas: *espontâneas* - que são as dadas pelo entrevistado sem intervenção do entrevistador; *desencadeadas* - são geradas ao longo da entrevista, são uma elaboração por parte do sujeito; *sugeridas* - são produto do exame; *fabuladas* - consistem em histórias criadas pelas crianças; e *não importistas* - nas quais o sujeito responde qualquer coisa. O termo não importismo foi utilizado por Piaget (1972) para justificar as respostas dadas pela criança, em reação ao exame clínico crítico. Nesse sentido, se a pergunta feita lhe aborrece, a criança responde sem se envolver, mesmo que sua resposta não faça sentido, ou seja, responde para se ver livre do questionamento.

Acreditamos que os sujeitos de nossa análise, em relação ao período de desenvolvimento em que se encontram – a adolescência – apresentem respostas espontâneas, desencadeadas ou sugeridas, bem como estruturas de pensamento correspondente ao pensamento formal.

O estudo do pensamento e, sobretudo de como indivíduos representam determinado tema tem grande interesse em si mesmo por suas inegáveis repercussões práticas uma vez que as pessoas agem a partir de suas representações. O objetivo desta pesquisa centrou-se em identificar as representações de alunos sobre a transformação química da matéria, necessariamente utilizando o artifício matemático da análise combinatória, a partir da aplicação da prova de combinação de líquido. Procuramos identificar, mediante as respostas dos alunos entrevistados, em qual nível do pensamento formal eles se encontram.

Pensamento Formal

Piaget (1983) emprega a expressão raciocínio hipotético dedutivo para descrever as operações mentais de adolescentes e adultos. Ele se refere ao raciocínio baseado em uma hipótese que leva a certas deduções lógicas. O pensamento formal, de forma bem sucinta, se caracteriza por poder levar em conta todas as combinações possíveis. É um pensamento dedutivo em que o raciocínio é verbal, flexível e reversível, podendo dispensar o apoio da manipulação e da percepção. É o estado mais avançado do processo de equilibração. De acordo com Piaget (1983) a estrutura dessa etapa possibilita ao adolescente as operações proporcionais próprias do estágio formal.

Diferente da criança do estágio operatório concreto, o adolescente, frente a qualquer problema, tentará descobrir, mediante uma combinação ou uma análise lógica a sua solução. Tratará de resolver e, muitas vezes, de prever todas as situações que poderiam ter validade a respeito dos

dados. A operação combinatória surge da possibilidade de generalizar as operações de classificação e seriação (Mac Donell, 2004, p. 42). O indivíduo que alcança o pensamento formal consegue combinar de forma exaustiva e sistemática vários elementos, como também realiza permutações de acordo com as distintas ordens e possibilidades.

O adolescente é capaz de raciocínio inferencial, ou seja, não faz apenas deduções a partir de hipóteses, mas também leva em conta as combinações possíveis de fatores ou relações, organizando-as em um sistema combinatório (Pulaski, 1986).

De acordo com Visca (2002) pelas características do pensamento formal as provas específicas para avaliar essa fase do desenvolvimento cognitivo exigem uso de um material relativamente mais complexo. Sua aplicação abre possibilidades para o conhecimento da lógica do pensamento do pré-adolescente e do adolescente.

Com a construção do pensamento formal, os indivíduos começam a usar a lógica das proposições que indica a aparição da capacidade de relacionar, de todas as maneiras possíveis, as associações a fim de obter as relações de exclusão, inclusão, disjunção, implicação, dentre outras.

Inhelder e Piaget com colaboração de Noeting, doutor em química, estudaram “A combinação de corpos químicos coloridos e incolores” que figura o sétimo capítulo do livro “Da lógica da criança a lógica do adolescente (1976)”. Com esse experimento se pode mostrar como crianças a partir de doze anos (aproximadamente) são capazes de elaborar uma suposição a respeito da combinação de líquidos para chegar numa dada cor. Evidencia que tanto as ações quanto as verbalizações possuem uma lógica subjacente.

Essa prova específica tem como objetivo principal avaliar a capacidade de compreender a combinação lógica (estádio operatório formal) utilizando substâncias químicas. A capacidade do adolescente de poder formar sistematicamente todas as combinações possíveis demonstra a presença do pensamento combinatório, próprio do período formal.

Método

Participantes

Participaram deste estudo 16 adolescentes com idades entre 14 e 18 anos de uma escola particular da Região Metropolitana de Campinas, São Paulo, divididos em quatro grupos distintos: alunos do 9º ano do ensino fundamental II, alunos do 1º ano do ensino médio, alunos do 2º ano do ensino médio e alunos do 3º ano do ensino médio.

A participação dos estudantes foi voluntária. O estudo foi iniciado após o consentimento dos alunos e autorização de suas famílias em participar da pesquisa de acordo com o definido na Resolução 196/96 do Comitê de Ética em Pesquisa.

Instrumentos

Utilizou-se o método clínico para entrevistar os adolescentes. Foi aplicada a prova denominada “combinação de líquidos⁵”.

Para a aplicação da prova foram utilizados os seguintes materiais: quatro frascos transparentes com líquidos incolores e inodoros denominados 1, 2, 3 e 4. No frasco (1) há *ácido sulfúrico diluído*, (2) *água destilada*, (3) *água oxigenada líquida* e (4) *tiosulfato de sódio*. Um frasco denominado “G” continha solução saturada de *iodeto de potássio* e mais dois outros frascos designados “A” e “B”, continham em: (A) mistura dos líquidos do frasco “1” e

⁵ Fontes: Inhelder, B. *Da lógica da criança à lógica do adolescente*. SP: Pioneira, 1976. Visca, J. *El diagnostico operatório de adolescentes y adultos*. Buenos Aires: Visca e Visca, 2002.

“3” e (B) água. Ficaram a disposição dos estudantes um conta gotas e outros frascos vazios para efetuar as possíveis combinações.

Procedimento de Coleta

A pesquisa foi conduzida seguindo o método clínico piagetiano. O experimentador realizou as entrevistas individualmente e tomou nota das ações e respostas dos sujeitos. Cabe destacar que toda a experimentação foi filmada para efeito de análise posterior. Após o término da entrevista, os dados foram transcritos para protocolos e analisados. As entrevistas foram realizadas no laboratório da própria escola entre novembro e dezembro de 2011.

O procedimento de coleta seguiu o protocolo apresentado por Visca (2002) tendo por base a teoria piagetiana e seguiu os seguintes passos:

1. O experimentador dispõe todo o material e pede ao entrevistado que o descreva;
2. O entrevistador explica objetivamente ao entrevistado que os frascos não contêm somente água, mas podem conter outras substâncias químicas incolores e transparentes;
3. O entrevistador adiciona gotas do frasco “G” no frasco “A” (a solução torna-se amarela escura devido à reação química entre o iodeto de potássio e a água oxigenada em meio ácido);
4. O entrevistador adiciona gotas do frasco “G” no frasco “B”. (nada ocorre);
5. Após a construção da referência (etapas 3 e 4), foi proposto ao entrevistado que utilizasse os frascos “1”, “2”, “3” e “4” e o frasco “G”, para reproduzir em um dos frascos vazios a coloração amarela como a que está no frasco “A”. O entrevistador forneceu folha e lápis para as possíveis anotações dos entrevistados;

6. Após obter uma resposta do entrevistado o entrevistador perguntou: “Como forma-se a coloração amarela?”. “Existe outra maneira de obter essa cor com estas substâncias”?

Procedimento de Análise

Após a análise de todas as respostas e da conduta dos entrevistados durante a prova, classificou-se os participantes nos seguintes níveis de pensamento formal, conforme descrito em Visca (2002):

Nível 1: O entrevistado faz associações empíricas com explicações pré-causais. Não há formulação de hipóteses, às vezes explicações fictícias. Tais representações não estão relacionadas com ações precisas e, portanto fornecem explicações tais como: “A cor tem vida própria, aparece e depois desaparece”.

Nível 2: O entrevistado combina cada frasco (1, 2, 3 e 4) com o frasco “G”, mas não consegue fazer outras combinações. Se o entrevistador propõe ao entrevistado que combine outras substâncias a combinação se dá de forma incompleta, por exemplo, misturando o conteúdo de todos os frascos.

Nível 3: Existem mais combinações do que no nível anterior, mas são combinações empíricas, não são planejadas sistematicamente pelo entrevistado.

Nível 4: O entrevistado planeja e realiza combinações sistemática dos líquidos. Combina líquidos de dois a dois, depois três e três. Sabe que a coloração amarela surge de uma combinação de substâncias.

Nível 5: Há uma evolução em relação ao nível anterior, as combinações são feitas de maneira mais sistemática e lógica. Uma vez “descoberta” quais substâncias são responsáveis pela coloração amarela o entrevistado consegue fazer substituições e investigar outras possibilidades.

Resultados e Discussão

Os dados demográficos bem como os resultados da aplicação da prova foram organizados da seguinte forma: sexo, idade, série, rendimento, interpretação das instruções, anotações, combinações, planejamento e sistematização, combinação atingida e nível. Para melhor esclarecimento do experimento cabe explicar alguns dos itens avaliados. No quesito *rendimento* considerou-se as notas dos alunos nas disciplinas que compõem o currículo de exatas, são elas: matemática, química e física. Por *satisfatório* considera-se o aluno com rendimento acima de 80%, *regular* corresponde ao rendimento variando entre 60% e 80% e *insatisfatório* o rendimento menor que 60% nessas disciplinas. Cabe destacar que a média mínima a ser atingida pelos alunos na escola em que foi feita a pesquisa corresponde a 60%.

Na *interpretação das instruções* foi avaliado como o aluno compreendeu as instruções dadas pelo entrevistador. Em *anotações* foi observado se durante a aplicação da prova o aluno utilizou algum tipo de anotação como recurso.

Em *planejamento e sistematização* foi avaliada a capacidade de executar a combinação de líquidos de maneira a atingir o resultado esperado. Nesse item considerou-se *insatisfatório* o aluno que iniciou as combinações sem prévio planejamento, fazendo combinações aleatórias, que não levaram em conta a demonstração do entrevistador e o objetivo final da prova de reproduzir a cor solicitada. Entende-se por *regular*, o aluno que fez a primeira combinação utilizando de planejamento anterior, mas não conseguiu a combinação desejada e prosseguiu a prova sem a utilização de algum critério combinatório.

Satisfatório e *ótimo* correspondem ao êxito atingido pelo aluno em alcançar a combinatória proposta, independente do número de tentativas, utilizando de metodologia e lógica para alcançar a combinação adequada. Para

diferenciar o aluno ótimo do aluno satisfatório, utilizou-se o critério da sistematização. Foi considerado ótimo o aluno que planejou e executou a prova de maneira mais sistemática, utilizando apenas as tentativas que julgou lógicas devido à coloração requisitada, descartando e investigando possibilidades.

Tabela 1: Prova de combinação de líquido

Sexo	Idade	Série	Rendimento Exatas	Interpretação das instruções	Anotações	Combinação de cada frasco com g	Combinação de dois frascos com g	Planejamento e Sistematização	Combinação atingida	Nível
M	14a e 8m	9º	Satisf.	Satisf.	Não	Sim	Sim	Regular	1+3+g	3
M	15a e 1m	9º	Satisf.	Satisf.	Não	Sim	Sim	Satisf.	1+3+g	3
F	14a e 3m	9º	Insatisf.	Regular	Não	Sim	Não	Insatisf.	1+2+3+4+g	2
F	14a e 2m	9º	Satisf.	Regular	Não	Sim	Não	Insatisf.	1+2+3+4+g	2
M	16a e 2m	1º	Satisf.	Ótimo	Não	Sim	Sim	Regular	"Não lembrou a combinação"	3
M	15a e 6m	1º	Regular	Satisf.	Sim	Sim	Sim	Satisf.	(g+3)+(g+1)	5
F	15a e 9m	1º	Satisf.	Ótimo	Sim	Sim	Sim	Ótimo	1+3+g	5
F	15a e 2m	1	Insatisf.	Satisf.	Sim	Sim	Sim	Regular	1+3+g+H2O	4
M	17a e 3m	2º	Insatisf.	Satisf.	Sim	Não	Sim	Satisf.	1+3+g	5
M	16a e 3m	2º	Regular	Satisf.	Não	Sim	Sim	Insatisf.	3+4+g	3
F	17a e 10m	2º	Satisf.	Ótimo	Sim	Sim	Sim	Satisf.	1+3+g	4
F	17a e 4m	2º	Satisf.	Satisf.	Sim	Sim	Sim	Regular	2+3+g	3
M	18a e 2m	3º	Satisf.	Ótimo	Não	Sim	Sim	Ótimo	1+3+g	5
M	17a e 6m	3º	Satisf.	Regular	Não	Sim	Sim	Satisf.	1+3+g	4
F	17a e 10m	3º	Insatisf.	Ótimo	Sim	Sim	Sim	Satisf.	1+3+g	4
F	18a e 1m	3º	Satisf.	Ótimo	Sim	Sim	Sim	Satisf.	1+3+g	5

O primeiro grupo avaliado - alunos do 9º ano do ensino fundamental II -foi o que apresentou maior dificuldade na *interpretação das instruções*, especialmente os entrevistados do sexo feminino. Para os outros três grupos avaliados a interpretação das instruções foi satisfatória.

Sobre a utilização do recurso de anotações, cabe destacar que todos os entrevistados receberam uma folha para realização de anotações, caso quisessem. Nenhum dos participantes do primeiro grupo (9º ano) realizou anotações, o que dificultou a sistematização da prova, e de certa maneira demonstra a imaturidade, desse grupo, em relação ao método científico que exige a organização dos dados obtidos em um experimento, sob a forma de anotações, gráficos, tabelas, fluxogramas, entre outros. Tal observação era esperada para os alunos do primeiro grupo, já que na última série do ensino fundamental estes são iniciados no método científico que será melhor trabalhado nas disciplinas do ensino médio.

Nos grupos do 1º e 2º anos do ensino médio, apenas um integrante do sexo masculino de cada grupo não realizou anotações. No último grupo (alunos do 3º ano do ensino médio), apenas os entrevistados do sexo feminino realizaram anotações.

Em relação ao nível de combinação atingida pelos participantes, dos 16 entrevistados, 15 realizaram combinações simples dos frascos “1”, “2”, “3” e “4” com o frasco “G”. O único participante que não realizou a combinação simples realizou diretamente a combinação de dois frascos com o frasco “G”. Quando indagado sobre o procedimento, respondeu que seria muito simples a combinação de apenas dois frascos, por isso começou com combinações mais complexas. Cabe destacar que esse aluno demonstra grande interesse nas atividades propostas e é líder do seu grupo no laboratório.

Na combinação de dois frascos de substâncias com a substância do frasco “G”, notou-se que apenas dois integrantes do sexo feminino do grupo de alunos do 9º ano não realizaram este nível de combinação mais complexo. Para tal resultado pode-se destacar alguns motivos principais:

1. conteúdo programático de matemática do ensino fundamental II não contempla conceitos de análise combinatória, tema que é trabalhado no ensino médio;
2. Os alunos do 9º ano estão iniciando seu contato com a química e manipulação de substâncias químicas, portanto têm um repertório restrito de combinações de substâncias.

O planejamento e a sistematização na execução da prova foram atentamente observados pois são dados de grande valor para avaliar o nível de pensamento dos entrevistados. Os alunos do último grupo (3º ano EM) apresentaram melhor sistematização e planejamento, organizando frascos,

realizando anotações precisas, testando novas possibilidades e apresentaram objetividade na execução da tarefa.

Os integrantes mais novos demonstraram maior dificuldade no planejamento e sistematização na execução da prova. Muitos não planejaram as combinações e fizeram testes improváveis, como por exemplo, misturando o frasco "1" com o frasco "2", mesmo sabendo que o frasco "G" era imprescindível na combinação.

A combinação esperada foi atingida, de maneira geral por 69% dos entrevistados. Mais especificamente obtiveram êxito no experimento 50% de alunos do 9º ano, 75% do 1º ano, 50% do 2º ano e 100% dos alunos do 3º ano atingiram a combinação adequada. Pode-se inferir que a razão pela qual os alunos do 1º ano terem se saído melhor no experimento, se comparado aos alunos do 9º ano e 2º ano, tenha ocorrido por que esse grupo apresenta maior interesse em atividades laboratoriais, uma vez que estão tendo maior contato com o laboratório de química e com manipulação de substâncias, se comparado ao ano anterior e a série posterior, em que a atividade em laboratório deixa de ser uma novidade.

Em relação ao resultado dos alunos do 3º ano, podemos afirmar que esses possuem um conhecimento muito superior no que diz respeito à transformação da matéria e de como interpretar essas transformações, já que esse conteúdo é exaustivamente trabalhado nessa série de preparação para vestibulares. Isso acarreta uma melhor sistematização e interpretação da prova, em relação aos alunos das séries anteriores. Sem falar nos conteúdos matemáticos envolvendo noções de análise combinatória, que começam a serem trabalhados no 2º ano do ensino médio e são intensivamente estudados no 3º ano. Por esses motivos já se esperava que os alunos deste grupo fossem classificados em níveis superiores (4 e 5).

No entanto, cabe destacar que nenhum aluno do 9º ano atingiu os níveis 4 e 5, no 1º ano três de quatro atingiram esses níveis e no 2º ano, dois de dois também o atingiram. Esses resultados reafirmam a tese de Piaget (1983) de que o conhecimento se constrói na interação com o meio físico e social, dadas as oportunidades oferecidas bem como a própria atividade do sujeito. Assim, não se amadurecem processos psicológicos em idades pré-fixadas por isso encontramos variações nesse grupo de adolescentes, pois mesmo todos estando no período formal, ainda é possível verificar diferenças entre suas estruturas de pensamento.

O fato de todos os alunos do 3º ano terem conseguido realizar a prova, se justifica em parte pela própria experiência desses sujeitos com diversos experimentos químicos realizados ao longo de sua escolarização. Portanto, em termos acadêmicos, esses sujeitos possuem uma vantagem em relação aos demais colegas. No entanto destacamos que alunos do 1º e 2º ano também atingiram o último nível do período formal o que nos leva a refletir que alunos podem atingir os mesmos níveis de desenvolvimento cognitivo independente de sua idade cronológica ou série escolar, pois o desenvolvimento das estruturas do pensamento depende das oportunidades que o sujeito teve para interagir com o objeto do conhecimento. Nas palavras de Piaget (1983, p. 235): “a cronologia é extremamente variável, ela depende da experiência anterior dos indivíduos, e não somente de sua maturação, e depende principalmente do meio social que pode acelerar ou retardar o aparecimento de um estágio, ou mesmo impedir sua manifestação”.

Também podemos afirmar que os alunos do 9º ano não atingiram o último nível do pensamento formal, mesmo já estando nessa fase do pensamento, pois segundo Piaget (1983, p. 214) “não formamos um instrumento novo de raciocínio em alguns dias”. Como esses sujeitos tiveram menos acesso a atividades laboratoriais, bem como a conteúdos específicos de

química, esse fator pode e deve ser levado em consideração mediante os resultados observados.

Retomando os tipos de respostas na entrevista clínica podemos afirmar que os sujeitos de nossa análise apresentaram respostas *espontâneas*, baseadas em suas próprias representações sobre o uso de produtos químicos e suas transformações e *desencadeadas* porque as estratégias de alguns alunos foram mudando ao longo da entrevista, constituindo uma elaboração por parte do sujeito. Assim todos os alunos desta pesquisa possuem estruturas de pensamento correspondente ao pensamento formal.

Considerações Finais

A aplicação da prova de líquido possibilitou analisar a capacidade de adolescentes de resolver um problema de combinatória. Observa-se que para reproduzir a coloração solicitada no experimento o adolescente necessita realizar um conjunto de combinações. O importante na solução deste experimento é que não existe uma forma de raciocinar antecipadamente quanto à combinação de líquidos para se reproduzir a cor. É necessário agir por tentativas e erros, experimentando todas as combinações possíveis.

A capacidade do adolescente em realizar sistematicamente todas as combinações possíveis demonstra a presença, nesses sujeitos, do pensamento combinatório, próprio do período das operações formais. No entanto, apesar de todos estarem dentro do período do desenvolvimento cognitivo esperado para sua faixa etária, há variações em relação às estratégias utilizadas durante a manipulação com os líquidos. Isso se justifica, pois, segundo Inhelder (1976), o conhecimento, não é inato, são necessários anos para ele ser elaborado.

Sobre o período das operações formais, Piaget (1983, p. 28) afirma “é este poder de formar operações sobre operações que permite ao conhecimento ultrapassar o real e que lhe abre a vida indefinida dos possíveis por meio da combinatória... uma das novidades essenciais das operações formais consiste assim em enriquecer os conjuntos de partida, elaborando conjunto de pares que repousam sobre uma combinatória”.

A prova de combinação de líquidos, além de um instrumento avaliativo do pensamento formal, pode ser utilizada como uma excelente prática de laboratório, pois trata da construção de conceitos fundamentais para a evolução do conhecimento químico do aluno. Realizada em nível macroscópico, permite que o aluno visualize e explore os conceitos de uma transformação química, aplique seus conhecimentos prévios sobre transformações da matéria e análise combinatória, vivenciando o trabalho de um profissional da química. Como a atividade é dada como um problema torna-se um desafio para o aluno, tendo caráter motivador o que contribui para o processo de aprendizagem.

Referências

- ATKINS, P.; JONES, L. **Princípios de Química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- CARRAHER, T. N. **O método clínico**. SP: Cortez, 1998.
- CASTORINA, J. A. **Psicologia genética: aspectos metodológicos e implicações pedagógicas**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1988.
- DELVAL, J. **Introdução à prática do método clínico**. Porto Alegre: Artmed, 2002.
- DOLLE, J. M. **Para compreender Jean Piaget**. RJ: Agir, 2000.
- FREZZA, J. S.; SILVA, J. A.; LUDOVICO, L. P. **Um estudo sobre corpos em queda livre a luz da epistemologia genética**. Anais do XXIV Encontro Nacional de Professores do Proepre. Campinas: FE/Unicamp, p. 522, 2008.
- INHELDER, B. **Da lógica da criança à lógica do adolescente**. SP: Pineira, 1976.
- LEITE, L. B. **Piaget e a escola de genebra**. SP: Cortez, 1995.
- MAC DONELL, J. J. C. **Provas de diagnóstico operatório**. Buenos Aires: Centro de Informática psicopedagógica, 2004.
- MARCONDES, M. E. R.; PEIXOTO, H. R. C.: **Interações e Transformações - Química para o ensino médio: uma contribuição para a melhoria do ensino**. In: Zanon, L.B.; Maldaner, A.(orgs.). Fundamentos e propostas de ensino de química para a educação básica no Brasil. RS: Ed. Unijuí, 2007.
- OSTI, A.; JÚLIO, A. A.; TORREZIN, A. L. J.; SILVEIRA, C. A. F. **A atuação do psicopedagogo em instituições de ensino: relato de experiência**. Revista de Educação, vol.VIII, n.o, 2005.
- PIAGET, J. **Psicologia e Pedagogia**. RJ: Forense, 1970.
- PIAGET, J. **Inconsciente Afetivo e Inconsciente Cognitivo**. RJ: Forense, 1972.
- PIAGET, J. **A formação do símbolo na criança**. RJ: Zahar, 1978.
- PIAGET, J. **O nascimento da inteligência na criança**. RJ: Zahar, 1978.
- PIAGET, J. **A construção do real**. RJ: Zahar, 1979.
- PIAGET, J. **A representação do mundo na criança**. RJ: Record, 1978, 1994, 2005.
- PIAGET, J. **Para onde vai a educação?** RJ: José Olympio Editora, 1980
- PIAGET, J. **Problemas de Psicologia Genética**. In: Os Pensadores. SP: Abril Cultural, 1983.
- PIAGET, J. **Psicologia e Epistemologia**. Portugal: Publicações Dom Quixote, 1991.
- PIAGET, J. **O julgamento moral da criança**. SP: Summus, 1994.

- PIAGET, J. **Sobre a Pedagogia**. SP: Casa do Psicólogo, 1998.
- PIAGET, J.; GRECO, P. **Aprendizagem e conhecimento**. RJ: Freitas Bastos, 1974.
- PIAGET, J. INHELDER, B. **La gènese de l'idée de hazard chez l'enfant**. Paris: P.V.F, 1951.
- PIAGET, J. INHELDER, B. **A psicologia da criança**. RJ: Bertrand Brasil, 2002.
- PULASKI, M.S. **Compreendendo Piaget**. RJ: Guanabara Koogan, 1986.
- VINH-BAN. **El método clínico y la investigación em psicologia del nino**. Psicologia y Epistemologia Genéticas. Temas Piagetianos. Buenos Aires: Editorial Proteo, 1990.
- VISCA, J. **El diagnóstico operatório de adolescentes y adultos**. Buenos Aires: Visca e Visca, 2002.
- VISCA, J. **O diagnóstico operatório na prática psicopedagógica**. São José dos Campos: Pulso, 2008.
- WEISS, M. L. L. **Psicopedagogia clínica**. Rio de Janeiro: Lamparina, 2008.

Recebido em: 16/02/2012

Aceite em: 21/05/2012