

# ESTRUTURA FATORIAL DA BATERIA DE FATORES COGNITIVOS DE ALTA-ORDEM (BAFACALO)

Cristiano Mauro Assis Gomes<sup>1</sup> - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil

---

## RESUMO

Este artigo relata um estudo inicial sobre validade de construto da Bateria de Fatores Cognitivos de Alta-Ordem BaFaCAIO, em termos de sua estrutura fatorial. São analisadas as respostas de 292 estudantes do ensino médio de uma escola da rede federal de ensino de Belo Horizonte, Minas Gerais. Para análise da estrutura fatorial foi empregada a análise fatorial exploratória e o modelamento por equação estrutural. A solução selecionada apresentou adequado grau de ajuste aos dados ( $\chi^2 = 169,67$ ;  $gl = 122$ ; CFI=0,98; RMSEA= 0,04). Os resultados apontam que a BaFaCAIO mensura seis habilidades de alta-ordem (inteligência fluida, inteligência cristalizada, habilidade visuo-espacial, memória de curto-termo, rapidez cognitiva e fluência) além de *g*. Algumas implicações desse resultado são apontadas e discutidas.

*Palavras-chave:* Validade; Inteligência; Testes.

## FACTORIAL STRUCTURE OF HIGHER-ORDER COGNITIVE FACTORS KIT

### ABSTRACT

This paper presents an initial study on the construct validity of the Higher-Order Cognitive Factors Kit (BaFaCAIO) in terms of its factor structure. It analyzes the responses of 292 high school students from a federal school of Belo Horizonte, Minas Gerais. The exploratory factor analysis (EFA) and the structural equation modeling were employed to verify the factorial structure of this battery. The selected solution had an adequate data fit ( $\chi^2 = 169.67$ ,  $df = 122$ , CFI = 0.98, RMSEA = 0.04). The results show that BaFaCAIO measures six high-order abilities (fluid intelligence, crystallized intelligence, visual-spatial ability, short-term memory, cognitive speed and fluency) as well as *g*. Some implications of this result are pointed out and discussed.

*Keywords:* Validity; Intelligence; Tests.

---

## INTRODUÇÃO

A Bateria de Fatores Cognitivos de Alta-Ordem (BaFaCAIO) foi elaborada por Gomes (2005), a partir de seu trabalho de tradução e adaptação de 45 testes do *Kit of Factor-Referenced Cognitive Tests* do *Educational Testing Service* (Ekstrom, French, Harman & Dirmen, 1976). A BaFaCAIO foi estruturada tendo como referência o modelo dos três estratos e o modelo CHC. Ambos estipulam que as habilidades cognitivas são dispostas em uma arquitetura hierárquica de níveis distintos, cada um deles correspondendo a diferentes graus de abrangência e especialização (Bickley, Keith & Wolfle, 1995; Carroll, 1993; Cole & Randall, 2003; Johnson & Bouchard Jr., 2005a; Johnson & Bouchard Jr., 2005b; Johnson, Nijenhuis & Bouchard Jr., 2007; Marañón & Andrés-Pueyo, 2000; Primi, 2003; Schelini, 2006).

A BaFaCAIO tem como objetivo mensurar uma parcela considerável de fatores cognitivos de alta-ordem, na medida em que esses fatores representam uma parte importante da estrutura intelectual humana e mostram expressivo poder

preditivo em relação a diversos desempenhos humanos, como o rendimento escolar e a performance profissional (Carneiro & Oliveira, 2004; Colom, Abad, Rebollo & Shih, 2005; Colom, Rebollo, Palácios, Juan-sepinosa & Kyllonen, 2004; Flores-Mendoza & Nascimento, 2001; Garcia e Noronha, 2007; Haier, White & Alkire, 2003; Helms-Lorenz, van de Vijver & Poortinga, 2003; Luo, Thompson & Detterman, 2003; McGrew, Keith, Flanagan & Vanderwood, 1997; Pasquali, 2002; Primi, Santos & Vendramini, 2002; Spearrit, 1996). Os fatores de alta-ordem visados pela BaFaCAIO são: a Inteligência Fluida (*Gf*), a Inteligência Cristalizada (*Gc*), a Habilidade Visuo-Espacial (*Gv*), a Fluência (*Gr*), a Memória de Curto Prazo (*Gsm*) e a Rapidez Cognitiva (*Gs*), assim como o fator geral (*g*) de terceiro nível do modelo de Carroll (1993). Apesar da amplitude envolvida, a bateria não alcança todos os fatores de alta-ordem identificados pelo modelo CHC. Conforme argumentado, a BaFaCAIO foi elaborada a partir do trabalho de Gomes (2005) com um conjunto de testes do *Educational Testing Service* e essa delimitação influenciou a elaboração do tipo e abrangência de habilidades focadas pela BaFaCAIO.

A BaFaCAIO encontra-se dentro do contexto psicométrico de necessidade de elaboração de

---

<sup>1</sup> Contato:

E-mail: cristianogomes@ufmg.br

baterias que mensurem os modelos mais recentes da psicometria (Carroll, 2003; Primi, 2003; Primi, Cruz, Muniz & Petrini, 2006; Roberts & cols, 2000; Schelini & Wechsler, 2005, 2006; Tirre & Field, 2002; Watkins, Wilson, Kotz, Carbone & Babula, 2006; Wechsler & Schelini, 2006; Wechsler, Vendramini & Schelini, 2007). Esse contexto de elaboração de novas baterias e alteração das existentes foi iniciado na década de 1990. Alfonso, Flanagan e Radwan (2005) relatam que a partir de 1998 houve uma mudança gradativa e substancial nas baterias internacionais de testes de inteligência. Eles informam que até 1998 a maioria das baterias mensurava em torno de duas ou três habilidades do modelo Cattell-Horn-Carroll (CHC). Após essa data, a maior parte das baterias foi modificada de modo a incorporar as mudanças trazidas pelos modelos de Cattell-Horn, Carroll e CHC. Através da exposição de dados que mostram essa transformação, Alfonso, Flanagan e Radwan (2005) argumentam que a maioria das baterias internacionais passou a mensurar entre quatro a cinco habilidades (seja do nível dois e três, seja apenas do nível dois) do modelo CHC após esse período de transição.

No entanto, a despeito dos avanços significativos, à época da elaboração de seu trabalho, Primi (2003) relatava que não existia uma bateria em nível nacional e internacional que mensurasse todas as habilidades de alta-ordem. A bateria Woodcock-Johnson III (WJIII) em sua opinião era a que mais se aproximava deste propósito. Em termos dos esforços nacionais na elaboração de baterias voltadas para mensurar as habilidades de alta-ordem, merecem destaque a tradução, adaptação e validação da bateria WJIII (Wechsler & Schelini, 2006), a adaptação brasileira dos testes verbais do WJIII (Wechsler, Vendramini & Schelini, 2007) e a elaboração e validação da bateria multidimensional para a inteligência infantil (Schelini & Wechsler, 2005, 2006).

Conforme argumentado, a Bateria de Fatores Cognitivos de Alta-Ordem (BaFaCAIO) foi elaborada para mensurar, em amostras brasileiras, seis das oito habilidades cognitivas de segundo nível do modelo de Carroll (1993): a Inteligência Fluida (Gf), a Inteligência Cristalizada (Gc), a Habilidade Visuo-Espacial (Gv), a Fluência (Gr), a Memória de Curto Prazo (Gsm) e a Rapidez Cognitiva (Gs), assim como o fator geral (g) de terceiro nível do modelo de Carroll (1993). Em nível nacional, apenas WJIII tem amplitude semelhante à BaFaCAIO, de forma que a presença da BaFaCAIO traz a possibilidade de estudos mais consistentes à literatura

nacional sobre a identificação de construtos identificados pela literatura internacional, através da validação cruzada de baterias.

A BaFaCAIO é formada por 18 testes de inteligência, do tipo lápis e papel, com um tempo limite para sua resolução. Em termos procedimentais, a BaFaCAIO é aplicada individual ou coletivamente, por psicólogos ou estudantes de psicologia devidamente treinados. Os 18 testes da bateria são: Raciocínio Geral (RG), Raciocínio Lógico (RL), Indução (I), Compreensão Verbal 1 (V1), Compreensão Verbal 2 (V2), Compreensão Verbal 3 (V3), Memória Associativa 1 (MA1), Memória Associativa 2 (MA2), Memória Visual (MV), Flexibilidade de Fechamento (CF), Visualização (VZ), Velocidade Perceptiva 1 (P1), Velocidade Perceptiva 2 (P2), Velocidade Perceptiva 3 (P3), Rapidez Numérica (N), Fluência Figural (FF), Fluência Ideacional 1 (FI1), e Fluência Ideacional 2 (FI2). Cada grupo de três ou quatro testes, pertencentes aos 18 testes da bateria, são marcadores de cada habilidade do segundo nível do modelo de Carroll, de modo que cada um desses grupos de testes marcadores é entendido como uma bateria ou escala específica para a mensuração de uma habilidade de segundo nível, dentro da bateria maior. Assim, por exemplo, a Inteligência Fluida é mensurada pelo grupo de testes marcadores Raciocínio Geral, Raciocínio Lógico e Indução; a Inteligência Cristalizada pelo grupo de testes marcadores Compreensão Verbal 1, Compreensão Verbal 2, e Compreensão Verbal 3; a Habilidade Visuo-Espacial pelo grupo de testes marcadores Visualização, Flexibilidade de Fechamento, Velocidade Perceptiva 3, e Memória Visual. Note, nos exemplos, que para cada habilidade visada há um grupo de três ou quatro testes marcadores.

Apesar da abrangência proposta pela BaFaCAIO, faltam estudos capazes de obter evidências a respeito da validade da bateria. Os estudos de validade da BaFaCAIO, por sua vez, devem avançar gradativamente na investigação da estrutura fatorial da bateria, da validade convergente, validade divergente e validade preditiva, entre outros aspectos, de forma a fornecer evidências mais sólidas sobre a validade de construto da BaFaCAIO.

Este artigo pretende iniciar esse processo investigativo e avançar no estudo das propriedades psicométricas da BaFaCAIO, através da análise da estrutura fatorial desta bateria. O modelo teórico da BaFaCAIO pressupõe que seus 18 testes são capazes de mensurar seis habilidades de segundo nível, assim como o fator geral de terceiro nível do modelo de

Carroll (1993). As relações postuladas entre as habilidades cognitivas visadas e os testes da bateria são as seguintes: (1) os testes Memória Visual (MV), Memória Associativa 1 (MA1) e Memória Associativa 2 (MA2) foram elaborados para mensurar Gm; (2) os testes Visualização (VZ), Velocidade Perceptiva 3 (P3), Flexibilidade de Fechamento (CF) e Memória Visual (MV) devem mensurar Gv; (3) os testes Raciocínio Geral (RG), Raciocínio Lógico (RL) e Indução (I) devem mensurar Gf; (4) os testes Compreensão Verbal 1 (V1), Compreensão Verbal 2 (V2) e Compreensão Verbal 3 (V3) devem medir Gc; (5) Gs deve ser medido pelos testes Velocidade Perceptiva 1 (P1), Velocidade Perceptiva 2 (P2), Velocidade Perceptiva 3 (P3) e Velocidade Numérica (N); (6) Gr deve ser medido por Fluência Figural (FF), Fluência - Ideacional 1 (FI1) e Fluência Ideacional 2 (FI2). Gm, Gv, Gf, Gc, Gs e Gr devem mensurar g. É nesse sentido que se insere a análise sobre a estrutura fatorial da bateria. A investigação da estrutura fatorial permite verificar se as relações que definem teoricamente a BaFaCAIO podem ser identificadas empiricamente. Para a análise da estrutura fatorial da BaFaCAIO serão utilizados dois procedimentos. O primeiro emprega a análise fatorial exploratória (EFA), através de diferentes técnicas de retenção de fatores. O segundo compara as diferentes soluções encontradas através da EFA através do modelamento por equação estrutural. Espera-se, pois, verificar se a estrutura fatorial teórica da BaFaCAIO pode ser verificada empiricamente, de modo a indicar uma evidência inicial a respeito da validade de construto da bateria.

## MÉTODO

### *Participantes*

Fizeram parte do estudo 292 estudantes que realizaram todos os 18 testes da BaFaCAIO. Desse total, 231 (79,1%) participantes eram alunos de uma escola da rede federal de ensino do município de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. Os outros 61 (20,9%) participantes eram alunos de um programa de ensino médio de jovens e adultos da mesma instituição. Quanto ao gênero, 156 (53,4%) participantes eram do sexo feminino e 136 (46,6%) do sexo masculino. A idade dos participantes variou entre 14 e 20 anos, apesar da presença de 83 casos onde não foi possível a obtenção da idade. Os participantes se distribuíram em 27 (9,2%) alunos de 14 anos, 70 (24,0%) de 15 anos, 66 (22,6%) de 16

anos, 35 (12,0%) de 17 anos, seis (2,1%) de 18 anos, três (1,0%) de 19 anos e dois (0,7%) de 20 anos.

### *Instrumentos*

São descritos os 18 testes que compõem a BaFaCAIO.

Teste de Indução (I). Composto por 15 itens e um tempo limite de 14 minutos para sua execução. Cada item é composto por cinco grupos de quatro letras. Entre os cinco grupos há quatro grupos que apresentam um mesmo padrão, uma mesma regra de organização de suas letras. O respondente deve identificar o grupo que não apresenta esse padrão e marcá-lo com um x.

Teste de Raciocínio Lógico (RL). O Teste de Raciocínio Lógico (RL) é composto por 30 itens e um tempo limite de 24 minutos para sua execução. Cada item é formado por uma conclusão proveniente de duas premissas lógicas que não têm nenhuma relação com o mundo. O objetivo do respondente é indicar se a conclusão presente no item é adequada ou inadequada em relação às premissas do item. O respondente deve marcar uma de duas opções dadas.

Teste de Raciocínio Geral (RG). É composto por 15 itens e um tempo limite de 18 minutos para sua execução. Cada item é formado por um problema lógico-matemático, composto por um enunciado e um espaço para sua resolução. O respondente deve interpretar o enunciado, resolver o problema, e escolher uma das cinco opções de respostas do conjunto de múltiplas-escolhas.

Teste de Fluência Figural (FF). É composto por 20 itens e um tempo limite de um minuto e meio para sua execução. Cada item é composto por uma camiseta em branco. O respondente deve desenhar detalhes na camiseta de modo que o desenho em cada camiseta seja único. O escore é formado pelo número de camisetas desenhadas.

Teste de Fluência Ideacional 1 (FI1). Não possui um número definido de itens, mas há um tempo limite de quatro minutos para sua execução. O respondente deve ser capaz de escrever o maior número de idéias relacionadas a um tópico pré-determinado. Um exemplo de tópico é “Uma viagem de trem”. O escore é formado pelo número de idéias escritas relacionadas com o tópico.

Teste de Fluência Ideacional 2 (FI2). Não possui um número definido de itens, mas há um tempo limite de três minutos para sua execução. O respondente deve ser capaz de escrever o maior número de objetos totalmente ou predominantemente relacionados a uma categoria pré-determinada. Um exemplo de categoria é “Objetos Vermelhos”. O

escore é formado pelo número de objetos escritos relacionados com a categoria.

Teste de Compreensão Verbal 1 (V1). Composto por 24 itens e um tempo limite de seis minutos para sua execução. Cada item é formado por uma palavra de referência e cinco palavras de múltipla-escolha. O respondente deve identificar a palavra que melhor se aproxima, em termos de significado, da palavra de referência e marcar um x nessa opção.

Teste de Compreensão Verbal 2 (V2). Composto por 18 itens e um tempo limite de cinco minutos para sua execução. Cada item é formado por uma palavra de referência e cinco palavras de múltipla-escolha. O respondente deve identificar a palavra que melhor se aproxima, em termos de significado, da palavra de referência e marcar um x nessa opção.

Teste de Compreensão Verbal 3 (V3). Composto por 18 itens e um tempo limite de cinco minutos para sua execução. Cada item é formado por uma palavra de referência e quatro palavras de múltipla-escolha. O respondente deve identificar a palavra que melhor se aproxima, em termos de significado, da palavra de referência e marcar um x nessa opção.

Teste de Memória Associativa 1 (MA1). A tarefa consiste em aprender um conjunto de pares com uma palavra e um número de dois dígitos. Na folha de exercício apenas as palavras são apresentadas, em ordem diferente da folha de aprendizado, e o examinando deve colocar os números correspondentes às palavras. O teste contém 15 itens, três minutos para memorização e dois minutos para a resolução.

Teste de Memória Associativa 2 (MA2). A tarefa consiste em aprender um conjunto de nomes e sobrenomes. Na folha de exercício apenas os sobrenomes são apresentados, em ordem diferente da folha de aprendizado, e o examinando deve escrever os nomes correspondentes aos sobrenomes, da mesma maneira da folha de aprendizado. O teste contém 15 itens, três minutos para memorização e dois minutos para a resolução.

Teste de Memória Visual (MV). A tarefa consiste na identificação de mapas presentes previamente em uma folha de estudo. O teste contém 12 itens, três minutos para memorização e quatro minutos para resolução da folha de exercício.

Teste de Flexibilidade de Fechamento (CF). O teste apresenta alguns modelos. Esses modelos são figuras de quatro linhas com suas pontas determinadas por cinco pontos. Cada item possui

uma região quadrada demarcada internamente por vários pontos livres. A tarefa consiste na cópia fiel do modelo, em termos de sua forma, tamanho e direção, através da ligação dos pontos livres. O teste possui 32 itens e um tempo limite de 12 minutos.

Teste de Visualização (VZ). Cada item possui uma figura bidimensional com linhas numeradas e pontilhadas, assim como a letra x em uma face da figura. A figura deve ser dobrada mentalmente, através das linhas pontilhadas, usando-se como referência para frente da figura a face marcada com a letra x. Cada item também possui um objeto tridimensional representando a figura bidimensional já dobrada. Esse objeto possui letras para identificar suas várias linhas. A tarefa consiste no pareamento das letras presentes no objeto tridimensional com os números da figura bidimensional não dobrada. O teste possui 30 itens, cinco para cada um dos seis desenhos, e um tempo limite de 12 minutos.

Teste de Velocidade Perceptiva 1 (P1). A tarefa consiste na marcação das cinco palavras que possuem a letra “a” em cada coluna de quarenta e uma palavras. O teste possui 50 palavras com a letra “a”, e um tempo limite de dois minutos.

Teste de Velocidade Perceptiva 2 (P2). A tarefa consiste na comparação de pares de números com muitos dígitos, e identificação se os pares são os mesmos ou se são diferentes. O teste possui 48 itens e um tempo limite de um minuto e meio.

Teste de Velocidade Perceptiva (P3). Cada item apresenta uma figura modelo e cinco opções, onde uma delas é idêntica à figura modelo. O respondente deve identificar a figura idêntica ao modelo. O teste contém 48 itens e um tempo limite de um minuto e meio.

Teste de Velocidade Numérica (N). O teste é composto por fileiras intercaladas de 10 itens de subtração e 10 itens de multiplicação. As subtrações e multiplicações são formadas por dois números com um ou dois dígitos. O teste possui 60 itens e um tempo limite de dois minutos.

#### *Coleta e Análise de Dados*

A BaFaCAIO foi aplicada em dois encontros de 100 minutos, sempre por psicólogos ou estudantes de psicologia. Foram tomados todos os cuidados éticos em relação aos participantes e a pesquisa contou com a aprovação do Comitê de Ética da UFMG (n. ETIC 181/06). Para análise da estrutura fatorial foram utilizados dentro da EFA os procedimentos de retenção de fatores do autovalor maior do que um, o *scree* teste, a análise paralela por

permutação e a máxima verossimilhança. A partir da identificação das diferentes soluções fatoriais pela EFA, elas foram comparadas através do modelamento por equação estrutural, por meio do uso do índice comparativo de ajuste, CFI (*comparative fit index*), (Bentler, 1990), a estatística erro de aproximação quadrático médio, RMSEA (*root mean square error of approximation*), e a comparação dos qui-quadrados e graus de liberdade provenientes das diferentes soluções (Byrne, 2001). O uso do modelo confirmatório para julgar diferentes soluções exploratórias, e sua justificação, é encontrado em Gomes e Borges (2008, 2009a; 2009b) e Gomes, Golino, Pinheiro, Miranda e Soares (2011).

O CFI foi proposto por Bentler (1990) como uma estatística que varia de zero a um e é adequada para mensurar o grau de ajuste de um modelo aos dados, mesmo em amostras pequenas (Byrne, 2001, p.83). Segundo Byrne, originalmente o critério de bom ajuste era um CFI > 0,90, porém mais tarde Hu e Bentler (1999) sugeriram que CFI > 0,95 é um critério mais estrito de um bom ajuste do modelo aos dados. Foi adotado neste trabalho o critério menos restrito (CFI > 0,90). A RMSEA (*root mean square error of approximation*), considerada das mais informativas na modelagem da estrutura de covariância (Byrne, 2001), leva em conta o erro de aproximação na população. Esta estatística tenta responder à questão de quão bem o modelo reproduz

a matriz de covariância da população, se os valores dos parâmetros, apesar de desconhecidos, forem escolhidos de forma otimizada. Browne e Cudeck (1993) sugeriram que valores de RMSEA menores do que 0,05 são indicadores de bom ajuste.

O escore total de cada teste foi utilizado para a realização da análise fatorial exploratória e da análise fatorial confirmatória. O escore total de cada teste foi computado através da soma dos itens corretos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os critérios de retenção da EFA geraram três soluções fatoriais. A análise paralela por permutação identificou uma solução de três fatores, o critério do autovalor maior do que um quatro fatores e tanto o *scree* teste como a máxima verossimilhança apontaram uma solução com seis fatores. Ambas as soluções permitiram a identificação de um fator geral de segunda-ordem, através de uma EFA de segunda-ordem.

Buscando comparar as soluções encontradas, foram gerados três modelos que foram analisados através do modelamento por equação estrutural. Os modelos gerados foram elaborados de forma a indicar fielmente o número de fatores e as relações entre os fatores e os testes da BaFaCAIO identificados nas soluções fatoriais exploratórias. Eles encontram-se representados na Figura 1.

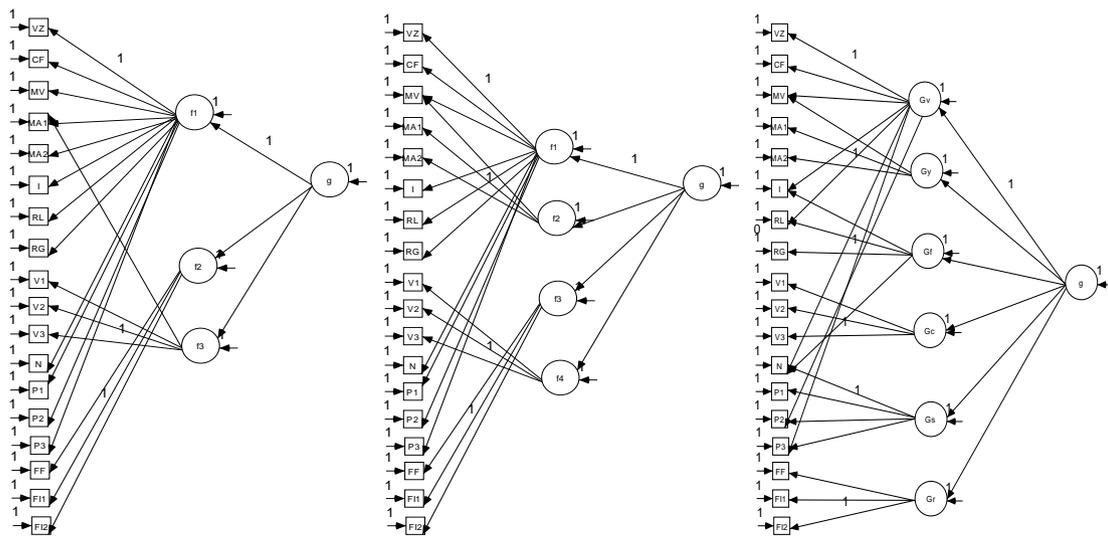


Figura 1. Modelos 1, 2 e 3.

O modelo 1 representa a solução fatorial exploratória obtida através da técnica de retenção de fatores da análise paralela por permutação. Este modelo possui três fatores de primeiro nível e um

fator geral de segundo nível. Os fatores de primeiro nível são assim chamados porque eles explicam diretamente o desempenho dos participantes nos testes da BaFaCAIO. O fator geral é chamado de

segundo nível porque ele explica diretamente a variância presente nos fatores de primeiro nível do modelo. O modelo 2 representa a solução fatorial exploratória obtida através da técnica de retenção do autovalor maior do que um. Este modelo possui quatro fatores de primeiro nível e um fator geral de segundo nível. O modelo 3 representa a solução fatorial exploratória obtida através dos critérios *scree* teste e máxima verossimilhança. Este modelo possui seis fatores de primeiro nível e um fator geral de segundo nível.

Comparando o grau de ajuste aos dados, os modelos foram analisados através do CFI, RMSEA, qui-quadrado ( $\chi^2$ ) e graus de liberdade (gl). A Tabela 1 apresenta os índices dos três modelos. Conforme pode ser identificado através desta tabela, o modelo 3 é o que melhor se ajusta aos dados, de forma a indicar a estrutura fatorial da BaFaCAIO.

Tabela 1. Índices de Ajuste dos Modelos

|          | $\chi^2$ | gl  | CFI  | RMSEA |
|----------|----------|-----|------|-------|
| modelo 1 | 395,95   | 131 | 0,87 | 0,08  |
| modelo 2 | 319,23   | 130 | 0,91 | 0,07  |
| modelo 3 | 169,67   | 122 | 0,98 | 0,04  |

Devido à correlação dos fatores primários com o fator secundário do modelo 3, parte da carga fatorial dos fatores primários junto aos testes da bateria deve-se não especificamente a esses fatores, mas ao fator geral de segundo nível do modelo. Em função disso, tornou-se relevante para a análise dos dados obter a carga fatorial dos fatores de primeiro nível junto aos testes da bateria, sem a parcela da variância devida ao fator geral de segundo nível. Um procedimento realizado que permite separar a variância explicativa de fatores de níveis hierárquicos distintos junto aos escores dos participantes nos testes é a ortogonalização de fatores de Schmid-Leiman (1957). Esse procedimento foi realizado no presente estudo, através do modelamento por equação estrutural. A Figura 2 apresenta o modelo 3 com os fatores dos dois níveis hierárquicos ortogonalizados.

Os índices de ajuste do modelo 3 ortogonalizado foram semelhantes aos índices do modelo 3 original (CFI=0,98, RMSEA=0,04,  $\chi^2=155,04$  e gl=111). A diferença de 14,63 entre os qui-quadrados e de 11 entre os graus de liberdade destes modelos não se mostrou estatisticamente significativa ( $p=0,20$ ). Isso indica que o modelo 3 ortogonalizado é semelhante ao modelo 3 original, em termos de grau de ajuste aos dados, mas traz uma

Descrevendo o modelo 3, ele é formado por dois níveis hierárquicos. O primeiro nível possui seis fatores e o segundo nível um fator único. Os seis fatores do nível um do modelo 3 são Gf, Gc, Gv, Gr, Gs e Gsm. Gf explica diretamente os seus testes marcadores, RG, I, RL, além de N. Gv explica diretamente os seus marcadores VZ, CF, P3 e MV, mas também explica diretamente I, P2, RL e N. Gc explica diretamente os seus marcadores, V1, V2 e V3. O mesmo padrão ocorre em Gs, Gr e Gsm. Gs explica diretamente a variância nos testes N, P1, P2 e P3. Gr explica diretamente a variância em FF, FI1 e FI2. Gsm explica diretamente MV, MA1 e MA2. O fator único de segundo nível do modelo 3 pode ser interpretado como o fator geral de terceiro nível do modelo de Carroll (1993), na medida em que explica diretamente a variância de todos os fatores de primeiro nível do modelo 3.

informação adicional relevante a respeito da variância explicada por cada fator identificado do modelo em relação aos testes. Nesse sentido, a estrutura fatorial da BaFaCAIO é analisada neste trabalho pelo modelo 3 ortogonalizado, ao invés do modelo 3 original.

A Tabela 2 apresenta as cargas fatoriais de g, Gf, Gc, Gv, Gsm, Gr e Gs nos testes da BaFaCAIO, assim como a comunalidade de cada teste da bateria e o percentual da variância comum explicada por cada fator do modelo 3 ortogonalizado. A carga fatorial de g sobre os testes da bateria situa-se entre 0,23 (V2) e 0,71 (VZ), de modo que g tem uma parcela de explicação da variância que varia de modesta (5,29% de toda a comunalidade em V2) a expressiva (50,41% de toda a comunalidade em VZ) em relação aos testes da bateria.

Um resultado que merece ser analisado em investigações posteriores é a predominância explicativa de g em nove testes da bateria: N, P1, P2, P3, VZ, CF, MV, I, RL. Esse resultado pode indicar uma peculiaridade da BaFaCAIO ou pode indicar que boa parte dos testes de inteligência são explicados prioritariamente por g. Além disso, é relevante observar que a predominância ou forte carga de g é encontrada em todos os marcadores de Gs (N, P1, P2, P3), Gv (VZ, CF, MV) e Gf (RL, I, RG), assim como

em dois dos três marcadores de Gsm (MV, MA2). É possível haver uma relação mais estreita entre *g* e os fatores Gf, Gs, Gv e Gsm, em contraposição a Gc e

Gr. Essa hipótese, por outro lado, necessita ser investigada.

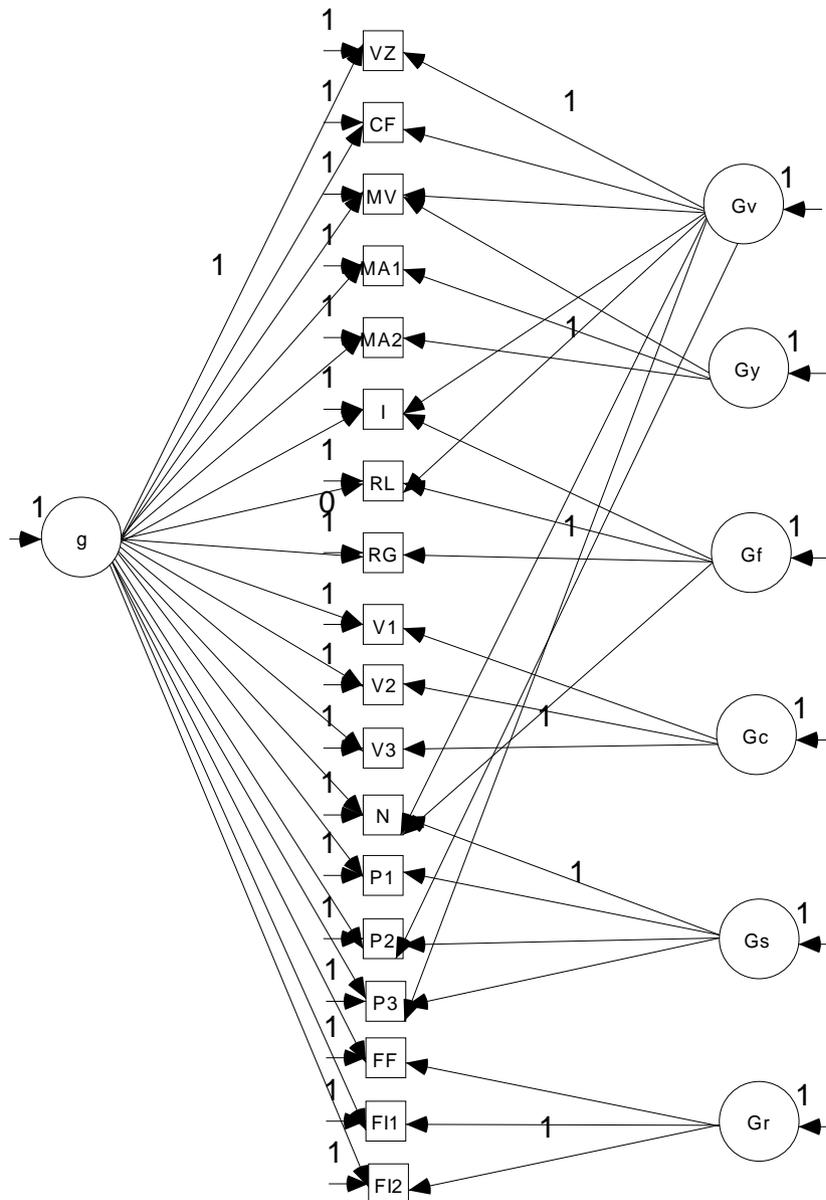


Figura 2. Ortogonalização do Modelo 3.

Com relação aos fatores de primeiro nível do modelo 3 ortogonalizado, eles carregam de forma saliente os seus testes marcadores e nenhum teste marcador é carregado de forma relevante por outro fator de primeiro nível, com exceção de I. Essa exceção será discutida, assim como serão descritas e discutidas as relações entre os fatores e os testes da bateria.

Gr carrega exclusivamente seus testes marcadores, F12, FF e F11, havendo uma maior explicação da comunalidade dos testes de Fluência

Ideativa. Gs também carrega exclusivamente seus testes marcadores, N, P1, P2 e P3. No entanto, os testes marcadores de Gs são mais explicados por *g* do que por Gs. Além disso, Gs carrega dois testes, N e P3, com carga inferior a 0,3, indicando uma predominância de *g* nos marcadores de Gs. Essa característica pode ser uma peculiaridade da BaFaCAIO. No entanto, ela pode também apontar para uma possível relação entre os marcadores de Gs com *g*, de modo que esse resultado indica a necessidade de investigações futuras.

Gc carrega exclusivamente seus testes marcadores, V1, V2 e V3. Quanto a Gf, este fator carrega os seus marcadores, RG, RL e I, além de carregar de forma não importante N, com uma carga inferior a 0,2. Dois resultados relativos à Gf merecem ser investigados em novos estudos. O primeiro refere-se ao marcador de Gf, o Teste de Indução (I). Ele é o único teste marcador da bateria carregado com carga superior a 0,3 por dois fatores (Gf e Gv) de primeiro nível do modelo 3 ortogonalizado. Esse resultado sugere a possibilidade de que I seja um marcador tanto de Gf como de Gv, pois o Teste de Indução (I) da BaFaCAIO mobiliza o processamento mental de seqüências e possivelmente pode demandar ativamente dos respondentes uma

organização espacial dos elementos das seqüências (ver a associação identificada entre Gf e Gv em Wechsler & Schelini, 2006), além da demanda pela identificação de padrões lógicos, própria de Gf. O segundo resultado que indica a necessidade de futuras investigações é o predomínio de RG como marcador de Gf. Enquanto RL e I são explicados por Gf em torno de 9% de sua comunalidade, RG é explicado em torno de 49% de sua comunalidade. Essa relação expressiva de Gf com RG, assim como a relação modesta, mas relevante, de Gf com I e RL pode ser uma peculiaridade da BaFaCAIO ou pode indicar que testes de resolução de problemas, como é o caso de RG, são melhores marcadores de Gf.

Tabela 2. Estrutura Fatorial da BaFaCAIO: Cargas Fatoriais, Comunalidade e Alpha de Cronbach.

| testes         | g     | Gr   | Gs   | Gc    | Gf    | Gsm   | Gv    | comun. | alpha |
|----------------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| FI2            | 0,27  | 0,83 |      |       |       |       |       | 0,75   | *     |
| FF             | 0,24  | 0,28 |      |       |       |       |       | 0,13   | *     |
| FI1            | 0,30  | 0,56 |      |       |       |       |       | 0,40   | *     |
| P3             | 0,66  |      | 0,20 |       |       |       | 0,16  | 0,50   | *     |
| N              | 0,69  |      | 0,25 |       | 0,15  |       | 0,04  | 0,56   | *     |
| P1             | 0,40  |      | 0,37 |       |       |       |       | 0,30   | *     |
| P2             | 0,63  |      | 0,41 |       |       |       | 0,19  | 0,60   | *     |
| VZ             | 0,71  |      |      |       |       |       | 0,57  | 0,83   | 0,96  |
| CF             | 0,64  |      |      |       |       |       | 0,43  | 0,59   | 0,95  |
| MV             | 0,52  |      |      |       |       | 0,32  | 0,25  | 0,44   | 0,80  |
| MA1            | 0,48  |      |      |       |       | 0,53  |       | 0,51   | 0,85  |
| MA2            | 0,59  |      |      |       |       | 0,61  |       | 0,71   | 0,84  |
| I              | 0,59  |      |      |       | 0,31  |       | 0,33  | 0,54   | 0,80  |
| RL             | 0,62  |      |      |       | 0,30  |       | 0,07  | 0,48   | 0,76  |
| RG             | 0,70  |      |      |       | 0,72  |       |       | 1,00   | 0,87  |
| V1             | 0,41  |      |      | 0,63  |       |       |       | 0,57   | 0,73  |
| V2             | 0,23  |      |      | 0,45  |       |       |       | 0,25   | 0,71  |
| V3             | 0,43  |      |      | 0,71  |       |       |       | 0,70   | 0,74  |
| alpha do fator | 0,87  | 0,61 | 0,74 | 0,73  | 0,73  | 0,74  | 0,85  |        |       |
| % variância    | 38,12 | 8,04 | 3,06 | 13,47 | 11,06 | 10,95 | 15,31 |        |       |

Legenda: comun. = comunalidade.

\* Os testes de Gr não possuem itens prévios. Os escores provêm das respostas dos respondentes e por isso o *alpha* de cada teste não pode ser calculado; os testes de Gs são de velocidade e por isso o *alpha* de cada teste não foi calculado.

Gsm carrega exclusivamente seus testes marcadores, MV, MA1 e MA2, havendo uma maior explicação da comunalidade dos testes de Memória Associativa. Por outro lado, é relevante constatar que

MV é também um marcador de Gv e carregado por ele, de modo que a comunalidade deste teste é disputada entre Gv e Gsm, além de g. Gv possui uma característica que necessita ser melhor investigada.

Gv relaciona-se a um amplo conjunto de testes e carrega de forma relevante os seus testes marcadores, VZ, CF e MV, além de I, conforme já argumentado. Essa característica de relação de Gv com vários testes pode ser uma peculiaridade da BaFaCAIO ou pode indicar que Gv é um processo cognitivo amplamente demandado.

Uma característica importante da BaFaCAIO refere-se à distribuição equilibrada da variância comum explicada pelos fatores mensurados pela bateria, com exceção de Gs (Tabela 2). O fator que mais explica a variância comum é *g*, com 38,12%, e o fator menos explicativo é Gs, com 3,06%. Conforme já argumentado, os testes marcadores de Gs são salientes em *g* e não apresentam cargas fortes em Gs, de forma que essa condição diminui o poder explicativo de Gs sobre a variância comum. No que tange aos outros fatores de primeiro nível do modelo 3 ortogonalizado, eles explicam uma parcela considerável da variância comum dos testes, variando de 8,04% (Gr) a 15,31% (Gv).

## CONCLUSÃO

Deve-se considerar que o estudo é uma investigação preliminar a respeito da validade de construto da BaFaCAIO, envolvendo apenas um dos vários aspectos que compõem a análise das qualidades psicométricas de um instrumento psicológico. Além disso, a amostra envolvida no estudo é relativamente pequena e muito localizada. Em função disso, os resultados encontrados devem ser considerados com cautela e novos estudos são necessários, visando à replicação dos resultados obtidos e a ampliação do tamanho da amostra e sua amplitude. Por outro lado, o tamanho da amostra ( $N > 200$ ), a relação casos versus variáveis (mínimo de 5:1), a relação casos versus fatores a serem identificados, entre *outras rules of thumb* foram consideradas (Byrne, 2001; Carroll, 1995; Gomes, 2005), de modo que tanto a EFA quanto o modelamento por equação estrutural puderam ser adequadamente realizadas na amostra utilizada. Os resultados deste estudo são favoráveis ao objetivo da BaFaCAIO de mensurar seis fatores de segundo nível e o fator geral de terceiro nível do modelo de Carroll (1993). Os testes marcadores foram bem explicados, e de forma exclusiva, por seus fatores específicos, com exceção do Teste de Indução (I) que também foi carregado de forma relevante por Gv (carga fatorial igual ou maior que 0,30). Todos os fatores mensurados explicam de forma relevante uma parcela da variância comum dos testes, com exceção

de Gs, sugerindo que a BaFaCAIO é uma bateria equilibrada.

A BaFaCAIO oferece um avanço no campo das investigações da inteligência no Brasil, pois mensura seis habilidades do segundo nível e o fator geral do terceiro nível do modelo de Carroll (1993). Além da relevância prática concernente à disponibilização de uma nova bateria de inteligência ao psicólogo, o presente estudo apontou algumas questões para investigações futuras: (1) é possível haver uma relação mais estreita entre *g* e os fatores Gf, Gs, Gv e Gsm, em contraposição a Gc e Gr; (2) o Teste de Indução (I) pode ser tanto um marcador de Gf como de Gv; (3) é possível que testes de resolução de problemas sejam melhores marcadores de Gf do que testes de raciocínio lógico e testes de indução; (4) é possível que os testes marcadores de Gs sejam todos salientes em *g*; (5) Gv é um processo cognitivo amplamente demandado. Essas questões, pelos desafios que apontam, deverão ser investigadas em futuros estudos.

## REFERÊNCIAS

- Alfonso, V. C., Flanagan, D. P., & Radwan, S. (2005). The impact of the Cattell-Horn-Carroll theory on test development and interpretation of cognitive and academic abilities. Em Dawn P. Flanagan & Patti L. Harrison (editores), *Contemporary intellectual assessment: Theories, tests and issues* (pp. 41-68). New York: Guilford Press.
- Beauducel, A. (2001). Problems with parallel analysis in data sets with oblique simple structure. *Methods of Psychological Research Online*, 6 (2). Retirado em 25/01/2007, <http://www.dgps.de/fachgruppen/methoden/mpr-online/issue14/art2/beauducel.pdf>
- Bentler, P.M. (1990). Comparative fit indexes in structural models. *Psychological Bulletin*, 107, 238-246.
- Bickley, P. G., Keith, T. Z., & Wolfle, L. M. (1995). The three-stratum theory of cognitive abilities: test of the structure of intelligence across the life span. *Intelligence*, 20, 309-328.
- Browne, M.W. & Cudeck, R. (1993). Alternative ways of assessing model fit. Em K. A. Bollen & J. S. Long (Orgs.), *Testing structural equation models* (pp. 136-162). Newbury Park, CA: Sage.
- Byrne, B. M. (2001). *Structural Equation Modeling with AMOS: Basic Concepts, Applications, and Programming*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

- Carneiro, E. G. P., & Oliveira, P. R. (2004). Habilidades sociais na Universidade: correlações com inteligência fluida e inteligência cristalizada. Em Sociedade Brasileira de Psicologia (Org.), *Resumos, XXXIV Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Psicologia*. Ribeirão Preto, SP: SBP.
- Carroll, J. B. (1993). *Human cognitive abilities: a survey of factor analytic studies*. New York: Cambridge University Press.
- Carroll, J. B. (1995). On methodology in the study of cognitive abilities. *Multivariate Behavioral Research*, 30 (3), 429-452.
- Carroll, J. B. (2003). The higher-stratum structure of cognitive abilities: current evidence supports g and about ten broad factors. Em H. Nyborg (editor), *The scientific study of general intelligence: tribute to Arthur R. Jensen*. (pp. 1-20). Elsevier Science/Pergamon Press.
- Cattell, R. B. (1971). *Abilities: Their structure growth and action*. Boston: Houghton Mifflin.
- Cole, J. C., & Randall, M. K. (2003). Comparing the cognitive ability models of Spearman, Horn and Cattell, and Carroll. *Journal of Psychoeducational Assessment*, 21, 160-179.
- Colom, R., Abad, F. J., Rebollo, I., & Shih, P. C. (2005). Memory span and general intelligence: a latent-variable approach. *Intelligence*, 33, 623-642.
- Colom, R., Rebollo, I., Palacios, A., Juan-Espinosa, M., & Kyllonen, P. C. (2004). Working memory is (almost) perfectly predicted by g. *Intelligence*, 32, 277-296.
- Ekstrom, R. B., French, J. W., Harman, H. H. & Dirmen, D. (1976). *Manual for kit of factor-referenced cognitive tests*. Princeton, NJ: Educational Testing Service.
- Flores-Mendoza, C., & Nascimento, E. (2001). Inteligência: o construto melhor investigado em psicologia. *Boletim de Psicologia*, 51 (114), 37-64.
- Frazier, T. W., & Youngstrom, E. A. (2007). Historical increase in the number of factors measured by commercial tests of cognitive ability: are we overfactoring? *Intelligence*, 35, 169-182.
- Garcia Jr., A. J., & Noronha, A. P. P. (2007). Inteligência emocional e provas de raciocínio: um estudo correlacional. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, 20, 480-489.
- Gomes, C. M. A. (2005). *Uma análise dos fatores cognitivos mensurados pelo Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM)*. Tese de Doutorado não-publicada, Curso de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, Minas Gerais.
- Gomes, C. M. A., & Borges, O. N. (2008). Avaliação da validade e fidedignidade do instrumento de crenças de estudantes sobre ensino-aprendizagem (CrEA). *Ciências & Cognição*, 13 (3), 37-50.
- Gomes, C. M. A., & Borges, O. N. (2009a). Propriedades psicométricas do conjunto de testes da habilidade visuoespacial. *Psico-USF*, 14 (1), 19-34.
- Gomes, C. M. A., & Borges, O. N. (2009b). Qualidades psicométricas do conjunto de testes de inteligência fluida. *Avaliação Psicológica*, 8 (1), 17-32.
- Gomes, C. M. A., Golino, H. F., Pinheiro, C. A. R., Miranda, G. R., & Soares, J. M. T. (no prelo). Validação da Escala de Abordagens de Aprendizagem (EABAP) em uma amostra brasileira. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, 24 (1).
- Guadagnoli, E., & Velicer, W. F. (1988). Relation of sample size to the stability of component patterns. *Psychological Bulletin*, 103 (2), 265-275.
- Gustafsson, J-E. (1984). A unifying model for the structure of intellectual abilities. *Intelligence*, 8, 179-203.
- Haier, R. J., White, N. S., & Alkire, M. T. (2003). Individual differences in general intelligence correlate with brain function during nonreasoning tasks. *Intelligence*, 31, 429-441.
- Helms-Lorenz, M., van de Vijver, F. J. R., & Poortinga, Y. H. (2003). Cross-cultural differences in cognitive performance and Spearman's hypothesis: g or c? *Intelligence*, 31, 9-29.
- Henson, R. K., & Roberts, J. K. (2006). Use of exploratory factor analysis in published research: common errors and some comment on improved practice. *Educational and Psychological Measurement*, 66 (3), 393-416.
- Horn, J. L. (1968). Organization of abilities and the development of intelligence. *Psychological Review*, 75 (3), 242-259.
- Hu, L.-T., & Bentler, P.M. (1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling*, 6 (1), 1-55.
- Johnson, W., & Bouchard Jr., T. J. (2005a). Constructive replication of the visual perceptual-image rotation model in Thurstone's (1941) battery of 60 tests of mental ability. *Intelligence*,

- 33, 417-430.
- Johnson, W., & Bouchard Jr., T. J. (2005b). The structure of human intelligence: it is verbal, perceptual, and image rotation (VPR), not fluid and crystallized. *Intelligence*, 33, 393-416.
- Johnson, W., Nijenshuis, J. te, & Bouchard Jr., T. J. (2007). Replication of the hierarchical visual-perceptual-image rotation model in de Wolff and Buiten's (1963) battery of 46 tests of mental ability. *Intelligence*, 35, 69-81.
- Linacre J.M. (2002). What do infit and outfit, mean-square and standardized mean? *Rasch Measurement Transactions*, 16 (2), 878.
- Luo, D., Thompsom, L. A., & Detterman, D. K. (2003). The causal factor underlying the correlation between psychometric g and scholastic performance. *Intelligence*, 31, 67-83.
- Marañón, R. C., & Andrés-Pueyo, A. (2000). The study of human intelligence: a review at the turn of the millennium. *Psychology in Spain*, 4 (1), 167-182.
- McGrew, K.S., Keith, T.Z., Flanagan, D.P., & Vanderwood, M. (1997). Beyond g: The impact of Gf-Gc specific cognitive ability research on the future use and interpretation of intelligence tests in the schools. *School Psychology Review*, 26, 189-201.
- Pasquali, L. (2002). Inteligência: um conceito equívoco. Em: R. Primi. (Org.). *Temas em avaliação psicológica*. (pp. 56-60). Campinas, SP: IBAP.
- Primi, R. (2003). Inteligência: avanços nos modelos teóricos e nos instrumentos de medida. *Avaliação Psicológica*, 2 (1), 67-77.
- Primi, R., Santos, A. A. A., & Vendramini, C. M. (2002). Habilidades básicas e desempenho acadêmico em universitários ingressantes. *Estudos de Psicologia (Natal)*, 7 (1), 47-55.
- Roberts, R. D., Goff, G. N., Anjoul, F., Kyllonen, P. C., Pallier, G., & Stankov, L. (2000). The Armed Services Vocational Aptitude Battery (ASVAB) little more than acculturated learning (Gc)!? *Learning and Individual Differences*, 12, 81-103.
- Schelini, P. W. (2006). Teoria das inteligências fluida e cristalizada: início e evolução. *Estudos de Psicologia (Natal)*, 11 (3), 323-332.
- Schelini, P. W., & Wechsler, S. M. (2006). Estudo da estrutura fatorial da Bateria Multidimensional de Inteligência Infantil. *Estudos de Psicologia (Campinas)*, 23, 105-112.
- Schelini, P. W., & Wechsler, S. M. (2005). Bateria multidimensional de inteligência infantil: desenvolvimento de instrumento. *Psico-USF*, 10 (2), 129-139.
- Schmid, J. & Leiman, J. M. (1957). The development of hierarchical factor solutions. *Psychometrika*, 22 (1), 53-61.
- Spearrit, D. (1996). Carroll's model of cognitive abilities: educational implications. *International Journal of Educational Research*, 25 (2), 107-198.
- Tirre, W. C., & Field, K. A. (2002). Structural models of abilities measured by the Ball Aptitude Battery. *Educational and Psychological Measurement*, 62, 830-856.
- Undheim, J. O., & Gustafsson, J-E. (1987). The hierarchical organization of cognitive abilities: restoring general intelligence through the use of Linear Structural Relations (LISREL). *Multivariate Behavioral Research*, 22, 149-171.
- Watkins, M. W., Wilson, S. M., Kotz, K. M., Carbone, M. C., & Babula, T. (2006). Factor structure of the Wechsler Intelligence Scale for Children-Fourth Edition among refereed students. *Educational and Psychological Measurement*, 66, 975-983.
- Wechsler, S. M., & Schelini, P. W. (2006). Bateria de habilidades cognitivas Woodcock-Johnson III: validade de construto. *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, 22, 287-295.
- Wechsler, S. M., Vendramini, C. M., & Schelini, P. W. (2007). Adaptação brasileira dos testes verbais da bateria de habilidades cognitivas Woodcock-Johnson III. *Interamerican Journal of Psychology*, 41, 45-55.

Recebido em novembro de 2009

Reformulado em agosto de 2010

Aceito em setembro de 2010

#### **SOBRE O AUTOR:**

*Cristiano Mauro Assis Gomes*: Psicólogo, Doutor em Educação, é professor adjunto do Departamento de Psicologia da Universidade Federal de Minas Gerais e trabalha no campo da psicologia educacional e do desenvolvimento humano, avaliação psicológica e educacional.

