

Validade de Construto de um instrumento informatizado de avaliação dinâmica da Inteligência Fluida

Ricardo Primi
Maria Beatriz Zanarella Cruz
Monalisa Muniz Nascimento
Martha Cristina Petrini
Universidade São Francisco

RESUMO

A Inteligência Fluida (Gf) refere-se à capacidade geral de raciocínio em situações novas pouco estruturadas. Em termos de processos cognitivos subjacentes, estudos recentes apontam que a Gf está associada à memória de trabalho, especialmente às funções do executivo central, nomeadamente, coordenação simultânea de tarefas e atenção seletiva/abstração. Esse estudo verificou a estrutura fatorial de um conjunto de itens de raciocínio analógico com figuras geométricas criados sistematicamente para representarem esses dois componentes do constructo. O instrumento é informatizado e composto por: (a) *Pré-teste* contendo doze problemas; (b) *Fase de treino* na qual são ensinados os componentes do processamento cognitivo e a estrutura geral dos problemas e (c) *Pós-teste* com mais doze problemas estruturalmente idênticos aos do pré-teste e com *feedback* sobre a correção da resposta e três tentativas possíveis. Participaram 343 estudantes universitários, 56,5% homens e 43,5% mulheres de cinco cursos: Administração (16,4%), Engenharia Elétrica (17%), Engenharia Mecânica (26,5%), Matemática (9,1%) e Psicologia (30,9%). Os alunos tinham entre 17 e 43 anos com média 22,2 anos e desvio padrão 4,68. Os resultados da análise *Full Information Factor Analysis* indicaram a existência de três fatores, um agrupando itens do pré-teste, outro agrupando itens do pós-teste e um terceiro com itens mais difíceis destinados a medir o componente abstração. Os resultados indicam que a construção sistemática dos itens foi efetiva em separar os dois componentes da inteligência fluida assim como o formato dinâmico da avaliação foi efetivo para avaliar diferenças individuais em relação ao potencial de aprendizagem.

Palavras-chave: Inteligência fluida; executivo central; validade e precisão; testes de inteligência; memória de trabalho; avaliação dinâmica; raciocínio.

ABSTRACT

Construct validity of a computerized dynamic assessment of Fluid Intelligence Test

Fluid intelligence refers to the general ability of reasoning in new and not very structured situations. As for subjacent cognitive processes, recent studies show that the Gf is associated to the working memory, especially two functions of the central executive, namely, simultaneous coordination and selective attention/abstraction. This study has verified the factor structure of a set of analogical reasoning items with geometric figures systematically created to represent these two components of the construct. The instrument was computerized and composed of (a) Pre-test with twelve problems; (b) Training stage at which the components of cognitive processes and the general structure of the problems are taught and (c) Post-test with twelve more problems structurally identical to the ones in the pre-test and with feedback about the correction of the answer permitting until three tentative answers. 343 university students participated, 56,5% men and 43,5% women from five different courses: Administration (16,4%), Electrical Engineering (17%), Mechanical Engineering (26,5%), Mathematics (9,1%) and Psychology (30,9%). The students were between 17 and 43 years old at an average of 22,2 years old and standard deviation 4,68. Full Information Factor Analysis – indicated the existence of three factors, one associated with items of the pre-test, the second associated with the items of the post-test and a third factor associated with complex items assessing the selective attention and abstraction component. Results indicated that the cognitive design strategies for item construction were effective in separating the two components of fluid intelligence as well as the dynamic format of test presentation was effective to assess individual differences in learning potential.

Key words: Fluid intelligence; central executive; validity and reliability; intelligence testing; working memory; dynamic assessment; reasoning.

INTRODUÇÃO

A Inteligência Fluida (*Gf*) é uma capacidade intelectual geral ligada à adaptação as situações novas, pouco estruturadas que requerem processos cognitivos voltados à organização da informação estabelecimento de relações e descoberta de padrões. Refere-se à capacidade de resolução de problemas novos e pouco estruturados para os quais não existem procedimentos aprendidos previamente, diferentemente da inteligência cristalizada (*Gc*) que se refere à habilidade de aplicar métodos e procedimentos previamente aprendidos, para lidar com situações problema (Primi, 2000a, 2002). No modelo psicométrico mais recente, a teoria Cattell-Horn-Carroll (McGrew e Flanagan, 1998; Primi, 2000a), uma evolução natural dos modelos da inteligência fluida e cristalizada de Cattell (1941, 1971), Horn (1991), Horn e Cattell (1966), a inteligência fluida (*Gf*) é um dos dez fatores amplos, mas é a que mais se aproxima do fator geral de Spearman (Spearman, 1927 apud Primi, 2002a).

Em um nível hierárquico mais específico (Estrato I do modelo CHC), a inteligência fluida é composta por quatro fatores denominados: Raciocínio Sequencial Geral (RG), capacidade associada ao raciocínio lógico sequencial; Indução (I), capacidade para descobrir as características fundamentais ou basais que governam um problema ou um conjunto de materiais; Raciocínio Quantitativo (RQ), capacidade de raciocinar de maneira indutiva e dedutiva com conceitos envolvendo propriedades numéricas, quantitativas e matemáticas e Raciocínio Piagetiano (RP), capacidade de domínio de conceitos fundamentais do raciocínio lógico definidas por Piaget como, seriação, conservação, classificação e reversibilidade, por exemplo.

Dentro do domínio da inteligência fluida, os problemas de raciocínio analógico são tarefas frequentemente utilizadas para avaliar o fator específico de raciocínio indutivo. Esta forma de raciocinar se relaciona ao processo de analisar um conjunto de informações, descobrir as regras subjacentes que organizam as informações, de aplicar, analogicamente, esse conjunto de regras ou relações de domínio bem conhecido a outro desconhecido, criando, com isto, novas informações em campos desconhecidos (Primi, 2000, 2002a).

Uma das limitações do modelo psicométrico em função do emprego da análise fatorial é a ênfase na faceta estrutural da inteligência (Sternberg, 1980). Nesse modelo a capacidade cognitiva utilizada por uma pessoa na resolução de problemas do cotidiano pode ser decomposta em diversos fatores como: conhecimento verbal (*Gc*), raciocínio (*Gf*), memória de curso prazo (*Gsm*), visualização (*Gv*), entre outros.

Porém, essas teorias não fornecem suporte para a compreensão de como essas capacidades entram em ação no momento em que o indivíduo se defronta com os problemas do seu dia-a-dia para resolvê-los, ou seja, essas teorias não fornecem uma compreensão dinâmico-funcional da inteligência (Primi, 2002). Entretanto, um estudo clássico nesta área é o de Sternberg (1977), que propôs um método chamado *análise componencial* possibilitando analisar os passos cognitivos que os indivíduos executam quando resolvem problemas em testes psicométricos (Primi, 2000b). Esse trabalho inspirou uma série de estudos sobre os processos cognitivos subjacentes a resolução de itens tradicionais de testes de inteligência (Embretson, 1994, Goldman e Pellegrino, 1984; Kyllonen e Cristal, 1990; Lohman, 2000; Mulholland, Pellegrino e Glaser, 1980). No presente trabalho foi adotado um modelo de Primi (1998, 2002b) que baseou-se na revisão desses estudos para a elaboração de um modelo de resolução de itens de raciocínio analógico com figuras geométricas dispostas em matrizes como o item exemplificado na Figura 1.

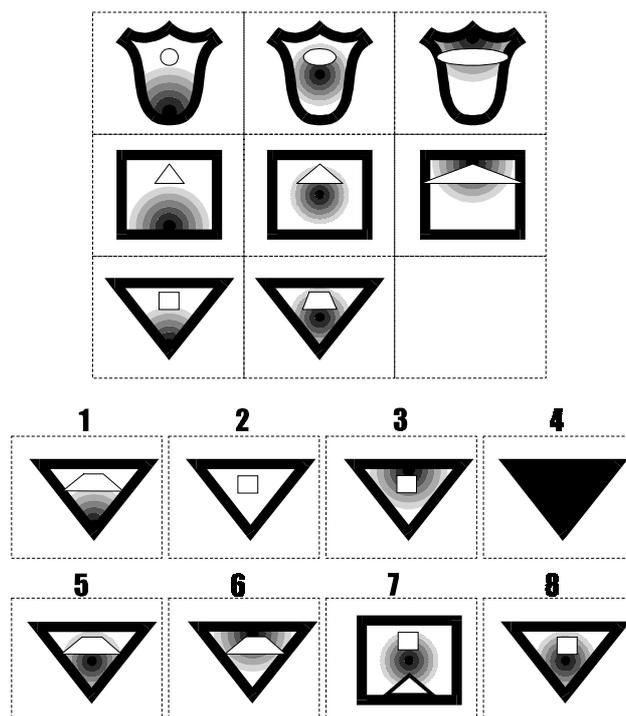


Figura 1 – Exemplo de item de raciocínio analógico com figuras geométricas dispostas em matrizes.

Em problemas desse tipo, as figuras geométricas estão dispostas segundo regras subjacentes que necessitam ser descobertas, possibilitando a extrapolação no reconhecimento de qual, dentre as oito alternativas,

completa corretamente o espaço deixado em branco no canto inferior direito da matriz de nove quadros.

O modelo de processamento para itens desse tipo, adotado nesse estudo, será descrito com o auxílio da Figura 2. Nela apresentam-se os principais sistemas envolvidos no processo de resolução (memória de longo prazo, memória de trabalho, sistema sensorial perceptual e sistema motor) representados pela cor cinza indicando seu estado de ativação.

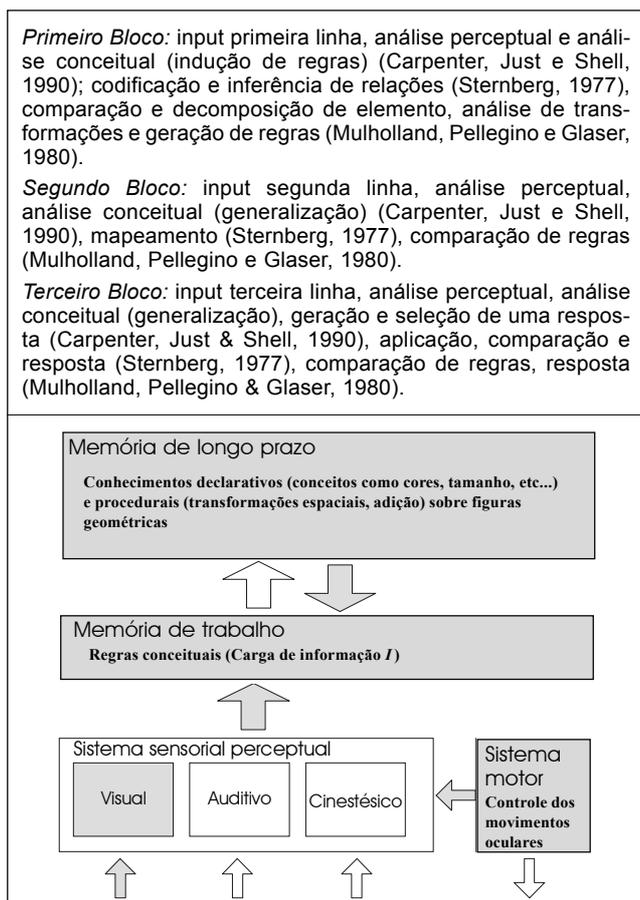


Figura 2 – Representação esquemática das estruturas ativas (preenchidas em cinza) no primeiro bloco de processamento, envolvendo os ciclos de codificação e inferência.

O processamento foi dividido em três blocos, denominados dessa maneira por incluírem mais de um componente de processamento. Esses blocos são: (a) um bloco associado à criação das representações mentais que compõem o problema e à criação de regras que descrevem seu relacionamento; (b) um bloco ligado ao reconhecimento dos paralelos entre a regra e uma situação nova e sua confirmação; (c) a aplicação dessas regras na criação de alternativas para o problema. Esse modelo foi resultado de uma tentativa de

integração das descobertas da literatura, principalmente no trabalho de Carpenter et al. (1990).

Primeiro bloco: Iniciando a resolução das analogias, os sujeitos observam a primeira linha e percebem várias figuras não relacionadas. Em cada parte da matriz na qual fixem a atenção, verão um elemento independente. Iniciam então um processo básico de comparação perceptual, buscando similaridades e diferenças entre os estímulos e abstraído do padrão complexo um elemento ou atributo por vez.

Nesse momento estão ativos o controle motor dos movimentos oculares e o sistema de percepção visual. O controle motor organiza o fluxo dos estímulos que entram pelo sistema de percepção visual. Provavelmente, nessa fase, os atributos perceptuais dos estímulos e os processos internos de organização perceptual tenham grande influência no agrupamento de elementos ou atributos, de forma que estímulos semelhantes, mais próximos ou com uma continuidade natural, mostrarão uma maior tendência a serem agrupados (Primi, 1995).

Depois desse agrupamento perceptual, o sujeito cria uma regra verbal conceitual, descrevendo as transformações perceptuais que observa entre os elementos ou atributos das figuras ao longo das três colunas da primeira linha. Essa regra é então armazenada na memória de trabalho. Em seguida passa ao próximo atributo ou elemento, executando o mesmo bloco de análise perceptual e indução e incrementando a regra.

No primeiro bloco é ativada a memória de longo prazo para a recuperação de informações declarativas e procedurais específicas sobre esse domínio, como conceitos sobre atributos de estímulos visuais e seus respectivos códigos verbais, conhecimentos sobre como transformar estímulos visuais, etc. À medida que a regra é gerada, ativa-se a memória de trabalho para efetuar o seu armazenamento. A carga de informação aumentará proporcionalmente ao número de variáveis envolvidas no problema, isto é, ao número de atributos ou elementos.

Segundo bloco: Tendo processado todas as variáveis envolvidas, o sujeito passa a analisar a segunda linha, comparando perceptualmente seus elementos ou atributos. Nesse momento, se a regra inferida for correta, ocorre simultaneamente o reconhecimento de que as transformações observadas são instâncias da regra geral inferida anteriormente. Em cada parte da segunda linha que os sujeitos fixem a atenção verão, em vez de uma nova figura como antes viam, uma instância particular de uma regra conceitual, ou seja, solidificarão a representação conceitual do problema, tornando-a mais estável.

Neste momento estão ativos o sistema motor, a memória de trabalho e o sistema de percepção visual. A carga de informação provavelmente não aumente já que a mesma regra inferida anteriormente representa adequadamente a situação nova. Entretanto, esse passo consome mais recursos cognitivos, pois o sujeito precisa manter as regras ativas na memória e, ao mesmo tempo, processar as informações da segunda linha e armazená-las na memória ou associá-las com as regras já estabelecidas.

No entanto, se a regra inferida na primeira linha não for a correta, isto é, se ela agrupa atributos que não são relevantes para a solução do problema, o sujeito poderá perceber a inconsistência nesse momento, e precisará operar sobre as informações armazenadas na memória de trabalho. O sujeito terá que comparar as regras *x*, inferida na primeira linha, e *y*, inferida na segunda, e decidir se irá descartar uma delas ou manter as duas. Ele pode decidir descartar a regra *y*, por exemplo, se observar que essa regra tem um poder de generalidade menor. Por outro lado, pode decidir pela manutenção da regra quando, por exemplo, descobre que ela se relaciona a um segundo atributo envolvido no problema. Nessa situação, a carga de informações na memória de trabalho aumenta. Além disso, se decidir descartar regras deverá empregar mecanismos de inibição das representações formadas consumindo mais recursos do sistema de processamento.

Terceiro bloco: Em seguida o sujeito passa para a terceira linha, novamente analisando-a perceptualmente, mapeando os elementos ou atributos, reconhecendo-os como instâncias da regra geral e, por fim, aplicando-a para construir uma alternativa para o problema. Essa fase, portanto, requer a operação sobre as informações na memória de trabalho. O sujeito deve gerar uma representação mental derivada da regra que mantém armazenada na memória de trabalho. Depois, compara a alternativa criada com as alternativas propostas, escolhe aquela a mais semelhante e responde. Nesse bloco os mesmos sistemas que já estavam ativos continuam ativos. A carga de informação na memória de trabalho e a demanda aos recursos cognitivos aumentam, uma vez que o sujeito deve criar e armazenar a resposta criada para compará-la com as alternativas ao mesmo tempo em que mantém as informações anteriores na memória.

Como pode ser observado a memória de trabalho é uma estrutura central do processamento das informações em problemas de raciocínio como esses. Estudos mais recentes da psicologia cognitiva, neurociência cognitiva e neuropsicologia têm confirmando a relação estreita entre inteligência fluida e a memória de trabalho (Carpenter, Just e Shell, 1990; Blair, no pre-

lo; Engle et al., 1999; Kane et al., 2001; Miyake, et al., 2001). Segundo Alan Baddeley (Baddeley, 1996, 1998; Baddeley e Hitch, 1994), a memória de trabalho é composta por três subsistemas: uma área de processamento e duas áreas de armazenamento. A área de processamento, chamada de *executivo central* (*central executive*) é a estrutura responsável pela capacidade de manter representações ativas, de coordenar atividades mentais simultâneas, de monitorar e supervisionar a atividade mental, de atualizar ou manipular as representações na memória de trabalho, de atenção seletiva (focalizar a atenção em informações específicas para aumentar sua ativação e ao mesmo tempo inibir a ativação de outras informações irrelevantes), de ativação de informações de memória de longo prazo e capacidade de direcionar rotas (troca ou mudança global de uma estratégia cognitiva para outra mais adequada à situação) (Primi, 2000b).

As duas áreas de armazenamento são o *ciclo fonológico* (*phonological loop*), o qual é responsável pelo armazenamento de informações auditivas e verbais, conseguindo manter traços por períodos curtos de tempo (geralmente dois ou três segundos) que só permanecerão ativos se ocorrer alguma estratégia de repetição e a *área de armazenamento visual-espacial* (*visuo-spatial sketch pad*) que é responsável pelo armazenamento de informações visuais.

A relação existente entre a inteligência fluida e a memória de trabalho se dá em razão de ambas dependerem das funções realizadas pelo executivo central, ou seja, “ambas as tarefas requerem o armazenamento de informações e a execução simultânea de processos cognitivos de transformação dessas informações ultrapassando o montante de informações que os *buffers* de armazenamento (ciclo fonológico e armazenamento visual) conseguem manter ativas” (Primi, 2000a, p.11). Deste modo, é imprescindível um controle ativo e voluntário dos processos de atenção para organizar a atividade mental para que a resolução da questão problema possa ser atingida. Uma recente revisão da literatura trazendo evidências cognitivas, e neurobiológicas das associações entre inteligência fluida e o executivo central da memória de trabalho pode ser encontrada em Blair (no prelo).

A solução de problemas de raciocínio analógico requer uma atividade mental complexa subdividida em um conjunto encadeado de processos básicos denominados componentes. Este tipo de raciocínio é uma atividade analítica abstrata, pois requer a decomposição dos estímulos em vários atributos destacados da percepção e executar vários processos simples de comparação com esses atributos abstraídos, organizados em uma estratégia geral de resolução de problemas

(Klauer, 1990). Essa atividade faz uma intensa exigência do executivo central, principalmente, no que se refere aos processos de coordenação e monitoramento de atividades mentais simultâneas, atenção seletiva e redirecionamento de rotas.

As pesquisas revisadas acima chamam atenção para um grande desenvolvimento na compreensão dos processos cognitivos e dos substratos cerebrais da inteligência fluida. Os instrumentos criados para avaliá-la foram desenvolvidos antes de esses avanços terem sido produzidos e por isso não são “otimizados” para operacionalizar os aspectos do construto do executivo central podendo muitas vezes ser fatorialmente complexos, isto é, medir vários fatores de maneira velada.

Baddeley (1996), analisando os estudos do executivo central pela tradição psicométrica, aponta este problema dizendo que os testes tradicionais de inteligência geralmente medem vários processos e indica que seria muito útil estudar medidas mais simples e “puras” dos processos cognitivos. Carroll (1993) no capítulo que trata das medidas de raciocínio também conclui que para o avanço da compreensão deste domínio será necessário a criação de medidas fatorialmente mais “puras”. Ele afirma “primeiramente será necessário construir testes mais adequados para os fatores propostos – com técnicas de análise de item (preferivelmente utilizando teoria de resposta ao item e traço latente e outras relacionadas) para assegurar a homogeneidade ao conteúdo do teste. Na construção dos testes uma atenção cuidadosa terá que ser tomada às hipóteses a respeito da natureza dos respectivos fatores, e hipóteses sobre quais instruções e características dos itens e estímulos faz variar a dificuldade da tarefa” (p. 233).

Diante das limitações das medidas existentes é que se pensou no desenvolvimento de uma nova medida de inteligência fluida buscando torná-la mais pura quanto possível na avaliação das funções do executivo central do construto memória de trabalho. Uma questão importante que precisa ser respondida para produzir medidas mais puras da inteligência é quais variáveis das tarefas devem ser controladas para produzir tais medidas. Nesse estudo, levou-se em consideração, os fatores de complexidade que são os atributos dos estímulos que compõem as tarefas de raciocínio e que definem sua dificuldade. Os fatores de complexidade são as variáveis dos itens que podem ser manipuladas com a finalidade de aumentar ou diminuir a quantidade de processos cognitivos envolvidos na resolução da tarefa. Tais fatores foram estudados em detalhes em outros estudos (Primi e Rosado, 1995, Primi, 1995, 1998, 2002a).

Os fatores selecionados para serem manipulados na criação desse novo teste foram a *quantidade de in-*

formações e a tendência de organização perceptual. Se relacionarmos essas variáveis com o modelo discutido anteriormente, então a quantidade de informações contida no problema interfere no momento em que as regras devem ser inferidas, sobrecarregando a memória de trabalho com informações relevantes a respeito do problema. A tendência à organização perceptual interfere principalmente no momento em que os elementos/atributos do estímulo são agrupados perceptualmente (codificação) podendo criar tendências para a formação de agrupamentos relevantes ou irrelevantes. Assim, quando prevalece a tendência para agrupamentos irrelevantes, essa variável, além de sobrecarregar memória de trabalho, requer adicionalmente a utilização de mecanismos de inibição e atenção seletiva para que as representações mentais criadas de agrupamentos irrelevantes sejam desfeitas e novos atributos do estímulo sejam considerados. A presença de informações irrelevantes em problemas perceptualmente complexos também significa uma sobrecarga dos recursos requerendo a coordenação e monitoramento de atividades de armazenamento e processamento de várias informações (Primi, 2002a, 2002b).

Em suma essas variáveis interferem nos componentes da memória de trabalho em especial os componentes do executivo central. Elas requerem a capacidade de coordenação simultânea de várias atividades mentais de armazenamento e processamento, controle inibitório e atenção seletiva. Entretanto, a variável quantidade de informação parece ser uma demanda mais pura à capacidade de coordenar várias atividades mentais, já a organização perceptual é direcionada ao processo de atenção seletiva e controle inibitório. A variável organização perceptual também faz aumentar a demanda para a coordenação de atividades mentais simultâneas, mas nela a demanda ocorre de maneira diferente, uma vez que a sobrecarga é decorrente de informações irrelevantes.

Resumindo, essa análise mostra que a dificuldade das tarefas pode ser afetada por vários fatores e, dependendo do fator considerado, tem-se uma influência relativamente diferente nos componentes do executivo central. Se essa hipótese for verdadeira, os resultados em testes de inteligência fluida nos quais os fatores de complexidade são diferentes podem mostrar diferenças importantes em relação aos processos cognitivos que pretendem avaliar.

A lógica que sustenta a avaliação componencial adotada nesse estudo, portanto, centra-se no desenvolvimento de dois tipos de itens de raciocínio analógico, isto é, um tipo contendo itens com organização perceptual simples e fixa, variando no número de figuras e regras de tal forma que avaliem de maneira

mais pura a capacidade de coordenação simultânea de tarefas (gerenciamento metacognitivo); e outro tipo contendo itens com um número pequeno e fixo de figuras e regas, mas com variação na complexidade da organização perceptual de tal forma que avaliem com mais pureza a capacidade de atenção seletiva e controle inibitório (Primi, 2002a, 2002b). Assim, para a avaliação mais translúcida da capacidade de coordenação simultânea de tarefas, desenvolveu-se itens que provoquem maior demanda à coordenação de vários passos de armazenamento e processamento. Para a avaliação da atenção seletiva e controle inibitório criaram-se itens que provocavam maior demanda aos processos perceptuais de agrupamento das figuras ora favorecendo agrupamentos relevantes e ora irrelevantes. Esta foi a lógica que embasou a criação do instrumento que foi chamado de GfRI, ou seja, sigla desenvolvida pela combinação de inteligência fluida (*Gf*) e raciocínio indutivo (RI).

Além da manipulação sistemática dos fatores de complexidade, buscou-se uma forma alternativa para a apresentação dos itens tais que pudessem trazer novas informações além das que geralmente se obtém na forma tradicional. Para isso, foi adotado o paradigma de avaliação dinâmica entendido como uma forma de procedimentos criados com a finalidade de não somente quantificar os produtos ou os processos de aprendizagem, mas também o potencial para aprender. Em procedimentos tradicionais de avaliação a pessoa demonstra suas capacidades atingidas até aquele momento, ou seja, não demonstra o seu potencial para aprender. Já os procedimentos dinâmicos geralmente criam situações controladas nas quais as pessoas são avaliadas, treinadas e avaliadas novamente possibilitando dessa forma, quantificar a mudança de capacidade após a fase de treino (Grigorenko e Sternberg, 1998).

A avaliação dinâmica ou assistida é sinônima do conceito de aprendizagem mediada, consistindo em uma modalidade interativa, que inclui suporte durante o processo de avaliação dentro de uma situação de suporte instrucional (fornecimento de pistas para organizar a tarefa; fornecimento de pistas específicas; modelos; demonstrações; instrução passo a passo e outras), com o intuito de verificar o quão modificável pode ser o desempenho inicial de base a fim de atingir níveis mais altos de funcionamento após a fase de treinamento e revelar o potencial para a aprendizagem (Ferriolli, Linhares, Loureiro e Marurano, 2001; Linhares, Maria, Escolano e Gera, 1998; Linhares, 1995). O instrumento que foi objeto desse estudo se assemelha em muito com o modelo de avaliação dinâmica.

Em resumo esse estudo procura avançar os procedimentos de construção de instrumentos de avaliação

da inteligência propondo a criação de um instrumento de avaliação da inteligência fluida aplicando um modelo teórico sobre os processos cognitivos relacionados à solução de problemas de raciocínio analógico. Esse estudo é parte de um projeto mais amplo objetivando desenvolver um instrumento de Avaliação Dinâmica Componencial Informatizada da Inteligência Fluida. Especificamente esse estudo apresenta uma primeira análise dos itens do teste com o propósito de verificar em que medida os itens criados para avaliar aspectos diferentes do construto se agrupariam em estruturas fatoriais distintas. Os aspectos relacionados à questão da avaliação dinâmica serão tratados em outros trabalhos em preparação.

MÉTODOS

Participantes

Participaram desta fase 343 estudantes universitários, 56,5% homens e 43,5% mulheres de cinco cursos: Administração (16,4%), Engenharia Elétrica (17%), Engenharia Mecânica (26,5%), Matemática (9,1%) e Psicologia (30,9%). Os alunos tinham entre 17 e 43 anos com média 22,2 anos e desvio padrão 4,68. Aproximadamente 75% da amostra tinham idade entre 17 e 23 anos.

Materiais e procedimentos: Definição estrutural e criação dos itens do GfRI

Os fatores de complexidade, conceito inicialmente proposto por Fischer (1973), correspondem aos atributos dos itens que definem sua complexidade, são, portanto, as variáveis que podem ser manipuladas com o intuito de aumentar ou diminuir a demanda de processos cognitivos envolvidos na sua resolução. Estas informações são obtidas a partir de estudos experimentais que variam sistematicamente os atributos e verificam o efeito na dificuldade dos problemas definindo quais variáveis são relevantes na explicação da complexidade (Embretson, 1995, 1998; Primi, 2002a).

De um modo geral, os estudos revisados em outros trabalhos (Primi, 1998, 2002a) apontam quatro fatores de complexidade dos problemas de analogias com figuras geométricas: número de elementos, número de transformações, tipos de transformações e organização perceptual dos estímulos. A variável *número de elementos* refere-se ao número de figuras geométricas ou atributos dessas figuras existentes no problema. O *número de regras* refere-se ao número de relações entre esses elementos ou atributos.

Essas variáveis apresentam demandas diretas ao executivo central da memória de trabalho, já que se referem ao montante de informação que necessita ser gerenciado simultaneamente para a resolução do pro-

blema. Obviamente, quanto maior o número de informações, maior será a demanda de processos metacognitivos de coordenação e monitoramento da atividade mental, já que são necessárias múltiplas interações entre os componentes básicos de codificação, inferência, mapeamento Sternberg (1977). O controle metacognitivo é necessário para organizar hierarquicamente as metas e monitorar a sua utilização. O aumento do número de informações, associado à demanda de memória de trabalho pode, também, provocar necessidade de mudança de estratégia, requerendo a flexibilidade adaptativa.

A terceira variável refere-se à classificação do *tipo de regra*. O tipo de regra se refere à natureza dos relacionamentos entre as figuras geométricas. Para uma definição detalhada dos tipos de regra ver Carpenter e cols. (1990) e também Primi (1998, 2002a). Embretson (1998) e Carpenter et al. (1990) discutiram os tipos de regra diferem quanto à demanda apresentada aos processos de abstração (atenção seletiva).

A quarta variável é a que menos foi estudada sistematicamente na literatura, e foi chamada *organização perceptual* dos estímulos. A organização perceptual refere-se às tendências de agrupamentos perceptuais ditados pelas propriedades das figuras geométricas, tais como agrupamentos por proximidade, semelhança e continuidade inicialmente descobertos pela Gestalt. Primi (1995) demonstrou que esses princípios podem ser manipulados, ora facilitando a chance de que os agrupamentos corretos sejam formados, e ora dificultando-os. A organização perceptual interfere principalmente nos processos de abstração (atenção seletiva) uma vez que estes podem requerer que os sujeitos desconsiderem aspectos perceptuais mais

óbvios e relacionem as figuras geométricas utilizando atributos destacados do conjunto. Da mesma maneira que a variável “tipo de regras”, a organização perceptual aumenta a possibilidade de existência de relações irrelevantes exigindo a atenção seletiva para inibir as relações indesejáveis além dos processos básicos de gerenciamento e controle metacognitivo.

O esquema da Figura 3 sintetiza as relações entre os fatores de complexidade, os componentes de processamento (adotando a terminologia de Sternberg, 1977) e as facetas do executivo central. Nessa representação, de cada um dos três fatores de complexidade (quantidade de informação: nº de elementos + nº de regras, tipo de regras e organização perceptual) partem setas, cada qual caracterizada por um tipo de grafia, em direção aos componentes. Essas setas representam o momento do processamento no qual é mais provável ocorrer a interferência desses fatores. Partindo dos componentes, essas setas vão em direção às facetas, indicando a quais delas esses fatores apresentam maior demanda.

Um primeiro ponto que pode ser constatado a partir desse diagrama é que todos os fatores de complexidade apresentam demanda a várias facetas do executivo central. Contudo, isso ocorre por caminhos e maneiras diferentes. A quantidade de informações interfere principalmente no momento em que as regras devem ser inferidas, sobrecarregando a memória de trabalho com informações relevantes a respeito do problema. Essa sobrecarga requer uma gestão mais eficaz já que é necessário processar as relações e simultaneamente armazenar os resultados do processamento e, eventualmente, mudar de estratégia em itens com muitas informações.

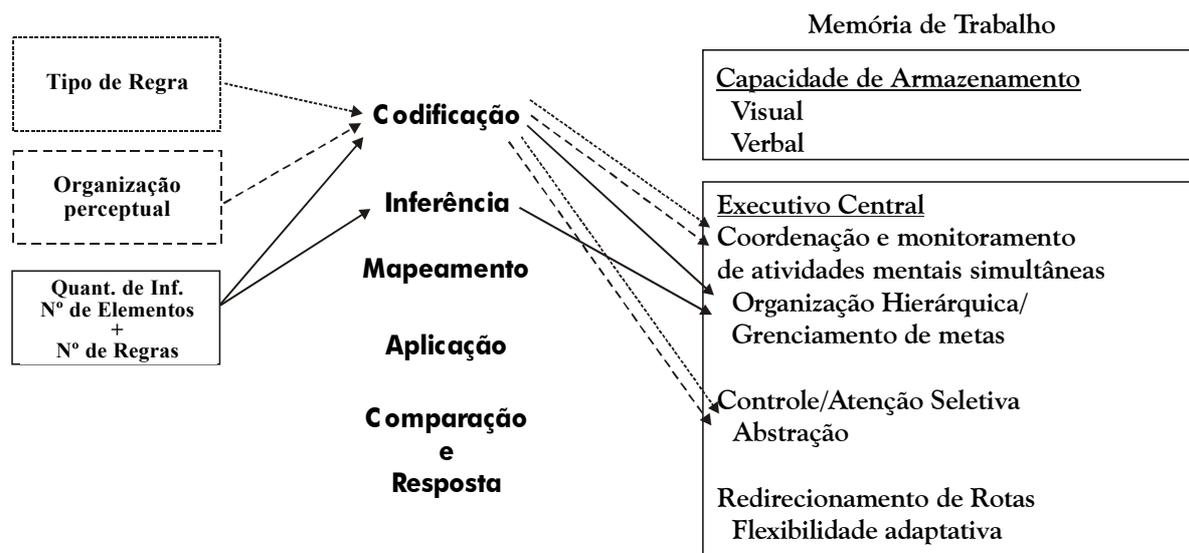


Figura 3 – Síntese das relações entre fatores de complexidade (cada qual com um tipo de linha diferente), componentes e habilidades essenciais.

A organização perceptual e o tipo de regra interferem principalmente no momento em que os elementos ou atributos são agrupados perceptualmente (codificação). Como estes agrupamentos podem ser irrelevantes para a solução do problema é necessário inibir as representações mentais indesejadas de agrupamentos não relevantes e tentar novas relações, portanto, requerendo a atenção seletiva já que a pessoa precisa ignorar no mesmo campo perceptual os atributos que antes eram considerados importantes.

A existência de informações irrelevantes em problemas perceptualmente complexos também significa uma sobrecarga dos recursos requerendo a coordenação e monitoramento de atividades de armazenamento e processamento de várias informações como ocorre quando o número de elementos e regras é muito alto, entretanto, nestes itens, as informações precisam ser descartadas ao contrário de problemas com uma quantidade grande de informações relevantes nos quais todas as informações devem ser levadas em consideração na elaboração da solução para o problema.

Um aspecto importante evidenciado pelo diagrama é que as variáveis que fazem os itens diferirem em complexidade não interferem em aspectos estritamente distintos. Os fatores de complexidade compartilham influências nos vários componentes do executivo central. Entretanto, a quantidade de informação e a organização perceptual parecem apresentar influências relativamente mais distintas. A primeira apresenta uma demanda mais pura à capacidade de coordenar várias atividades mentais e a segunda, embora influencie também esta capacidade a faz de maneira diferente, isto é, sobrecarregando-a com informações irrelevantes. A demanda principal dessa segunda variável é direcionada ao processo de atenção seletiva (abstração). Aliás esta variável é a única que seguramente interfere no processo de atenção seletiva já que é especificamente criada para aumentar ou diminuir a possibilidade de agrupamentos ambíguos.

A lógica que sustenta a avaliação componencial, portanto, está em criar dois tipos de itens de raciocínio analógico, como esquematizado na Tabela 1. Para a avaliação da capacidade de coordenação simultânea de tarefas (Tipo I), criaram-se itens perceptualmente simples, mas variando o número de figuras e regras. Para a avaliação da capacidade de controle da atenção e abstração (Tipo II) criaram-se itens com baixo número de figuras e regras, mas variando complexidade perceptual, com já foi feito em Primi (1995, 1998).

Na construção do GfRI inicialmente foi construída uma matriz com as especificações das variáveis estruturais seguindo a lógica definida acima. Esta estrutura foi definida pelas quatro variáveis: número de elementos, número de regras, tipo de regra e organização perceptual. Todos os itens foram elaborados usando

somente dois tipos de regras: progressão pareada e distribuição de três valores (ver a terminologia de Crapenter e cols., 1990). Decidiu-se trabalhar com regras mais simples já que a variação de dificuldade será feita principalmente pelas outras três variáveis. Nos itens do Tipo I variou-se a quantidade de informações (regra e elementos) de duas a sete regras aplicadas em um elemento, portanto, nos itens com sete regras existiam sete elementos nos quais em cada um se aplicava uma regra. Todos estes itens eram perceptualmente simples, isto é, tentou-se construir uma configuração perceptual de tal forma a facilitar o agrupamento de figuras geométricas que deveriam ser relacionadas segundo as regras dos problemas.

Nos itens do Tipo II a quantidade de informação permaneceu constante, todos os itens possuindo duas regras sendo que em quatro itens existiam dois elementos (A7-A10) e em dois itens três elementos (A11 e A12). Entretanto nestes itens utilizou-se recursos empregados em estudos anteriores (Primi, 1995, 1998; Primi & Rosado, 1995) para facilitar a formação de agrupamentos perceptuais irrelevantes, isto é, agrupamento de figuras que não deveriam ser formados de acordo com as regras do problema. Foram construídos dois itens para cada estrutura definida na Tabela 2 resultando dois testes estruturalmente paralelos de 12 itens cada.

TABELA 1
Caracterização de itens de raciocínio analógico para avaliação componencial

<i>Tipo I</i>	<i>Tipo II</i>
Avaliação da capacidade de coordenação simultânea de tarefas (gerenciamento metacognitivo)	Avaliação da atenção seletiva (abstração)
Itens com organização perceptual simples e fixa	Itens com um número pequeno e fixo de figuras e regras
Varição no número de figuras e regras	Varição na complexidade da organização perceptual

TABELA 2
Estrutura dos Itens do GfRI

<i>Item</i>	<i>Elementos</i>	<i>Regras</i>	<i>Tipo</i>	<i>Org. Perc.</i>	<i>Tipo</i>
A1	2	2	Progressão pareada Dist. de 3 valores	Harm.	I
A2	3	3	Idem	Harm.	I
A3	4	4	Idem	Harm.	I
A4	5	5	Idem	Harm.	I
A5	6	6	Idem	Harm.	I
A6	7	7	Idem	Harm.	I
A7	2	2	Idem	Desarm.	II
A8	2	2	Idem	Desarm.	II
A8	2	2	Idem	Desarm.	II
A10	2	2	Idem	Desarm.	II
A11	3	2	Idem	Desarm.	II
A12	3	2	Idem	Desarm.	II

As sete alternativas incorretas foram criadas para que, progressivamente, estivessem mais distantes da resposta correta. A estratégia de construção seguiu as seguintes regras sempre que possível: (a) duas alternativas próximas à alternativa correta com somente uma ou duas regras erradas, (b) duas alternativas de distância média com duas ou três regras erradas, (c) duas alternativas distantes com mais de três regras erradas. (e) uma alternativa sem nenhuma relação com o problema.

Os itens foram desenhados no software CorelDRAW – Versão 8.0 e depois exportados em formato jpg para serem manipulados pelo software criado para aplicação do teste. Então um software foi criado de forma a apresentar as seções de aplicação em seis fases consecutivas: Identificação; Instruções; Avaliação Inicial (Pré-teste); Treinamento; Avaliação Final (Pós-teste com *feedback*) e Resumo dos Resultados.

Inicialmente apareceria uma tela onde o indivíduo se identificava e posteriormente recebia instruções de como proceder para responder ao teste (Instrução). Depois das instruções o indivíduo iniciava o teste. Os problemas eram apresentados em três fases consecutivas: Pré-teste, contendo doze problemas; Fase de treino em que eram oferecidas informações sobre como são compostos os problemas e sobre os passos do raciocínio analógico, subsidiando a conscientização das estratégias cognitivas usadas na resolução; e Pós-teste, com mais doze problemas estruturalmente idênticos aos do pré-teste e com *feedback* sobre a correção da resposta, sendo que, a cada problema os sujeitos tinham três chances para mudança de resposta após o *feedback*, mas recebendo sucessivamente menos pontos a cada mudança (1, $\frac{1}{2}$ e $\frac{1}{4}$). Depois de terminada a avaliação final, era apresentada uma tela com os resultados preliminares dos sujeitos alertando que este resultado era ainda parcial sendo que os resultados finais seriam enviados após a análise dos dados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Propriedades psicométricas clássicas e efeitos dos fatores de complexidade

Em um primeiro momento da análise realizou-se o cálculo dos índices clássicos da psicometria por meio do programa ITEMAM (*Assessment Systems Corporation*, 1996) buscando-se analisar as propriedades gerais do instrumento. O GfRI é dividido em dois subtestes (pré e pós) com doze itens cada. No pré-teste os alunos respondiam de maneira habitual escolhendo uma resposta para cada item. No pós-teste, entretanto, eles eram informados sobre a correção de sua resposta e podiam alterá-la duas vezes. Portanto, no pós-teste, para cada item, existiam até três tentativas

de acertar a resposta. Para a presente análise foram compostos dois escores no pós-teste: um considerando a primeira resposta e outro considerando a última resposta. Existiram alunos que acertavam itens já na primeira escolha. Nestes casos, para a segunda nota considerou-se a primeira resposta já que não ocorria a mudança no escore. Portanto foram compostas três subescalas pré-este (Pré), pós-teste com a primeira alternativa (Pós 1) e pós-teste considerando a última alternativa (Pós 2).

A Tabela 3 resume os dados psicométricos dos itens os quais estão ordenados pelo índice de dificuldade. Nas duas últimas colunas são apresentados os valores das variáveis que definem a estrutura dos itens correspondendo ao número de regras (Regr) e à organização perceptual (Org).

De modo geral a análise dos índices de discriminação e das correlações entre o resultado no item com o escore total, revelaram valores geralmente altos e positivos. Houve uma tendência de escolha da opção correta pelos alunos que obtiveram os escores mais altos no teste como um todo. Isso indicou que os itens formaram uma escala homogênea. A análise de cada opção de resposta, alternativas à resposta certa, revelou correlações bisseriais geralmente negativas, ou seja, o padrão inverso se comparadas com os valores encontrados para as opções corretas. Portanto, houve uma tendência de escolha das opções alternativas à correta, por parte dos alunos que obtiveram os escores mais baixos no teste como um todo.

Há alguns itens nos quais se observa correlações bisseriais positivas em alternativas diferentes da correta. Isto ocorreu principalmente nos itens com organização perceptual desarmônica com índices de acerto muito baixos, nomeadamente os itens 4, 6 e 12. É interessante notar que este padrão ocorre mais frequentemente no pré-teste. No pós-teste, momento que os alunos tinham recebido informações sobre a estrutura dos itens, esse tipo de padrão ocorreu em somente um item. Isso pode sugerir que o treinamento que antecede o pós-teste torne as respostas mais sistemáticas.

Na Tabela 4 são apresentadas as correlações entre a presença da organização perceptual (ORG) e o número de regras (REGR) com a probabilidade de acerto (Acerto) e com a correlação bisserial (BIS). Essas correlações foram calculadas três vezes uma para cada subescala. Os resultados replicam os achados de estudos anteriores (Primi, 2001, 2002a), indicando que a organização perceptual tem o maior efeito na complexidade do item. Porém a magnitude do efeito foi maior no presente estudo. É interessante notar que essas correlações são mais altas no pré-teste do que no pós-teste. Provavelmente isto está associado ao efeito do treino nos resultados do pós-teste já que a diferença entre

TABELA 3
Propriedades psicométricas dos itens do GfRI

CodItem	Pré			Regr	Org				
	Item	Acerto	BIS			P.BIS			
2	A02H31	0,90	0,59	0,35	3	0			
1	A01H21	0,82	0,75	0,51	2	0			
8	A16H51	0,79	0,59	0,41	5	0			
10	A18H71	0,76	0,71	0,52	7	0			
7	A15H41	0,70	0,65	0,50	4	0			
9	A17H61	0,60	0,57	0,45	6	0			
3	A07D21	0,29	0,40	0,30	2	1			
11	A21D21	0,27	0,64	0,47	2	1			
12	A22D31	0,24	0,51	0,37	3	1			
5	A11D31	0,12	0,42	0,26	3	1			
6	A12D31	0,12	0,49	0,31	3	1			
4	A08D21	0,05	0,59	0,28	2	1			
		Pós 1			Pós 2				
	Item	Acerto	BIS	P.BIS	Acerto	BIS	P.BIS		
8	B14H32	0,85	0,71	0,46	0,97	0,80	0,33	3	0
3	B05H62	0,83	0,70	0,48	0,96	0,88	0,39	6	0
4	B06H72	0,78	0,66	0,47	0,97	0,53	0,22	7	0
2	B04H52	0,75	0,68	0,50	0,95	0,99	0,47	5	0
7	B13H22	0,69	0,41	0,31	0,90	0,65	0,38	2	0
1	B03H42	0,69	0,70	0,53	0,90	0,66	0,39	4	0
12	B24D32	0,63	0,67	0,52	0,92	1,00	0,54	3	1
5	B09D22	0,59	0,67	0,53	0,87	0,86	0,55	2	1
9	B19D22	0,29	0,50	0,38	0,72	0,73	0,55	2	1
10	B20D22	0,25	0,60	0,44	0,57	0,75	0,59	2	1
6	B10D32	0,22	0,51	0,36	0,66	0,71	0,55	3	1
11	B23D32	0,17	0,35	0,23	0,51	0,59	0,47	3	1

a proporção de acertos nos itens harmônicos em relação aos desarmônicos diminui nos pós-teste reduzindo a variância da complexidade tornando as correlações mais baixas. A média de acertos nos seis itens harmônicos em relação aos seis desarmônicos foram $0,76 \times 0,18$ no Pré, $0,76 \times 0,35$ no Pós 1 e $0,94 \times 0,71$ no Pós 2. Pode-se perceber uma clara associação da presença de organização perceptual complexa e a dificuldade do item. Se dividirmos o teste em dois, uma parte mais fácil e outra a mais difícil, a parte difícil será praticamente composta por itens desarmônicos.

Na Tabela 5 apresentam-se as estatísticas dos escores totais para os três subtestes compostos pela soma dos acertos em cada item. Nesta tabela são apresentados os coeficientes de consistência interna que foram: 0,521, 0,622, 0,669 respectivamente para cada subescala. Pode-se observar também um aumento de aproximadamente um ponto no Pós 1 em relação ao Pré ($t = -8,49$; $gl = 342$; $p < 0,001$) e de aproximadamente quatro pontos do Pós 2 em relação ao Pré ($t = -34,9$; $gl = 342$; $p < 0,001$). Por causa do *feedback* e da possibilidade de correção a distribuição das notas no Pós 2 se concentrou mais à direita, perto do valor

máximo possível. Estes resultados sugerem que, de modo geral, há um efeito significativo do treinamento e do *feedback* contribuindo para o aumento do desempenho no pós teste. Os padrões de resposta parecem consistentes embora os valores dos coeficientes alfa estejam abaixo do esperado. Provavelmente isto se deve ao número pequeno de itens em cada subteste.

TABELA 4
Correlações da probabilidade de acerto e a correlação bisserial com as variáveis estruturais

Variáveis/Subescala	REGR	ORG
Pré		
Acerto	0,490	*-0,952
BIS	0,274	** -0,657
Pós 1		
Acerto	+0,557	*-0,833
BIS	0,452	-0,388
Pós 2		
Acerto	+0,506	** -0,734
BIS	-0,094	0,301

* $p < 0,001$; ** $p < 0,01$.

TABELA 5
Propriedades psicométricas das escalas do GfRI

<i>Estatísticas</i>	<i>Pré</i>	<i>Pós 1</i>	<i>Pós 2</i>
Número de Itens	12	12	12
Média	5,637	6,683	9,849
Variância	3,621	5,228	3,809
Desvio Padrão	1,903	2,287	1,952
Assimetria	-0,263	-0,387	-1,597
Curtose	0,08	-0,259	3,672
Mínimo	0	0	0
Máximo	10	12	12
Mediana	6	7	10
Alfa	0,521	0,622	0,669
EPM	1,317	1,405	1,122
Média P	0,47	0,557	0,821
Média Corr. Item-Tot	0,396	0,439	0,473
Média Corr. Biserial	0,579	0,601	0,789

Análise fatorial “Full Information”

Como se explicou anteriormente, a estratégia adotada para a avaliação componencial consistiu em criar dois tipos de itens com variações de características diferentes: a quantidade de informação e a organização perceptual. Buscou-se, dessa forma, avaliar mais especificamente dois aspectos da inteligência fluida, nomeadamente, a capacidade de coordenação simultânea de tarefas e a atenção seletiva. Para verificar se estes dois tipos de itens conseguem separar estes aspectos do construto efetuou-se uma análise fatorial dos itens.

Como os itens apresentam escores dicotômicos (acerto ou erro) é necessário empregar procedimentos específicos de análise fatorial. Nestes itens o método de cálculo do coeficiente de correlação disponível no SPSS, por exemplo, não é o mais apropriado. Uma discussão sobre este problema pode ser encontrada em Primi e Almeida (1998). Nestes casos é recomendável que se faça análise fatorial da matriz de correlação tetracórica. Existem programas específicos que realizam esta análise tais como o TESTFACT (Wilson, Wood & Gibbons, 1991) e o MicroFAC que podem ser adquiridos na *Assessment Systems Corporation* (www.assessment.com). O TESTFACT efetua a análise fatorial baseada na TRI utilizando os vetores de resposta dos sujeitos ao invés da matriz de correlação. Essa análise é chamada *Full Information Factor Analysis* e apresenta várias vantagens cuja discussão foge ao escopo deste trabalho. Os leitores interessados podem consultar o trabalho de Bock, Gibbons e Muraik (1988) que discute estas vantagens. Este software foi empregado no presente estudo.

Para esta análise foram considerados os 24 itens, 12 do pré e 12 pós-teste. Em relação ao pós-teste considerou-se a primeira resposta procurando com isso minimizar a influência das diferenças individuais as-

sociadas à capacidade de aprender pelo *feedback*, restringindo a análise às respostas que mais estejam influenciadas pelas diferenças individuais nos componentes processuais envolvidos. Entretanto, ainda que minimizado, esse escore não está totalmente desmembrado das diferenças individuais ligadas ao potencial de aprendizagem.

A análise fatorial indica que três fatores explicando respectivamente 16,8%, 6% e 4,9% (juntos explicando 27,7% da variância total) são necessários para explicar as covariâncias entre os itens. Na Tabela 6 são apresentadas as cargas fatoriais dos itens nesses três fatores. Na terceira, quarta e quinta colunas são apresentadas as cargas obtidas pela rotação Promax que permite a correlação entre os componentes e nas últimas três colunas as cargas obtidas pela rotação Varimax pressupondo a ausência de correlação entre os fatores. No primeiro caso as correlações entre os fatores foram $F1 \times F2$, $r = 0,22$; $F1 \times F3$, $r = 0,09$; $F2 \times F3$, $r = 0,49$ indicando que o Fator 2 parece estar mais relacionado ao Fator 3.

Uma primeira análise comparativa das cargas fatoriais, ora quando obtidas pela rotação Promax e ora pela rotação Varimax, indicam que os resultados são semelhantes. De qualquer forma a correlação entre o Fator 2 e 3 é substancial e não deve ser ignorada, por isso a solução mais adequada é aquela que permite que os fatores estejam correlacionados (rotação Promax).

As cargas fatoriais indicam que o primeiro fator agrupa prioritariamente os itens do pré-teste e o segundo fator os itens do pós-teste. Estes dois fatores não estão correlacionados indicando que as posições relativas entre os alunos quando avaliados no pré e pós-teste não permanecem necessariamente semelhantes. Portanto há uma mudança de desempenho entre o pré e pós-teste nos sujeitos. Como os testes foram planejados para medir o mesmo construto pode-se inferir que a fase de intervenção seja responsável por esta mudança.

O Fator 3 agrupa cinco itens difíceis desarmônicos e três itens harmônicos das duas fases do teste. Este fator parece estar mais relacionado com os componentes específicos de processamento envolvidos nos itens desarmônicos. Ele está correlacionado com o Fator 2 o que indica uma associação entre o que é medido por este fator.

O propósito inicial quando da construção dos itens do GfRI era a separação de dois grupos de itens: os itens harmônicos e os itens desarmônicos sendo que o primeiro grupo estaria associado à capacidade de coordenação simultânea de tarefas e o segundo à atenção seletiva componentes descritas na literatura como subjacentes à inteligência fluida (Carpenter, e cols. 1990; Embretson, 1995, 1998; Engle e cols. 1999;

TABELA 6
Cargas fatoriais da análise fatorial dos itens do GfRI

Ordem	Item	Promax			Varimax		
		F1	F2	F3	F1	F2	F3
1	A01H21	0,61	-0,12	0,38	0,60	0,01	0,36
2	A02H31	0,37	0,14	0,00	0,41	0,13	0,04
3	A07D21	-0,05	0,19	0,05	0,00	0,19	0,08
4	A08D21	0,11	-0,13	0,63	0,12	0,07	0,58
5	A11D31	0,20	0,09	0,02	0,22	0,09	0,04
6	A12D31	0,57	0,04	-0,05	0,58	0,02	-0,02
7	A15H41	0,26	0,08	0,43	0,30	0,22	0,44
8	A16H51	0,54	-0,11	0,12	0,52	-0,07	0,11
9	A17H61	0,23	0,13	0,16	0,27	0,17	0,18
10	A18H71	0,25	0,21	0,26	0,31	0,28	0,29
11	A21D21	0,19	0,13	0,28	0,23	0,21	0,30
12	A22D31	0,06	-0,21	0,65	0,05	0,01	0,58
13	B03H42	0,36	0,50	-0,11	0,46	0,44	0,00
14	B04H52	0,21	0,57	-0,07	0,33	0,52	0,05
15	B05H62	0,06	0,71	-0,14	0,21	0,63	0,00
16	B06H72	0,02	0,58	-0,09	0,14	0,53	0,02
17	B09D22	-0,01	0,53	0,13	0,12	0,55	0,22
18	B10D32	-0,21	0,33	0,19	-0,12	0,38	0,23
19	B13H22	0,32	-0,01	0,10	0,33	0,03	0,11
20	B14H32	0,33	0,62	-0,24	0,45	0,52	-0,10
21	B19D22	-0,09	0,23	0,17	-0,04	0,27	0,20
22	B20D22	-0,01	0,15	0,50	0,05	0,30	0,50
23	B23D32	-0,36	0,10	0,22	-0,33	0,17	0,21
24	B24D32	-0,23	0,47	0,13	-0,12	0,49	0,21

Kane e cols. 2001; Primi, 2002a, 2002b). Os dados obtidos na análise fatorial suportam essa distinção de processos nos dois tipos itens mas os resultados se configuraram de maneira mais complexa. Em primeiro lugar existe uma estrutura que separa os escores do pré dos do pós-teste, revelada pelos Fatores 1 e 2, sugerindo que há alguma modificação nos sujeitos entre uma ocasião ou outra de tal forma a separar dois escores associados fracamente. Isso quer dizer que existiram pessoas que foram melhor no pré-teste e não tão bem no pós-teste e pessoas que foram melhor no pós-teste do que no pré-teste. De fato o número de casos do segundo tipo foi maior que do primeiro.

Uma possível interpretação para os casos do primeiro tipo seria uma desmotivação ao longo do teste, ou até mesmo uma ruptura do desempenho após a intervenção promovida pelo treino e *feedback*. Já uma possível interpretação para o segundo tipo seria uma responsividade positiva (potencial de aprendizagem) ao treino e *feedback*. Essas pessoas se mostraram sensíveis às dicas da intervenção e melhoraram seu desempenho em relação ao que haviam demonstrado no

pré-teste. Mas os que vão bem no pré-teste não são necessariamente os mais sensíveis às dicas. Isso é inferido da fraca correlação entre os Fatores 1 e 2 (pré e pós-teste). Portanto, o escore no pós-teste integra parte das diferenças individuais ligadas ao potencial de aprendizagem, pois as mudanças que ocorreram nas posições relativas dos mesmos sujeitos em seus desempenhos no pré e pós-teste, em parte são geradas porque uma parcela dos sujeitos melhorou seu desempenho no pós-teste. Além disso os itens que compõem os Fatores 1 e 2 são na sua maioria mais fáceis (de organização perceptual harmônica).

O Fator 3 é composto basicamente por itens difíceis com organização perceptual desarmônica que requerem tanto processos de atenção seletiva para segregar atributos ou partes da figura para formar as relações corretas. Ele agrupa itens tanto do pré quanto do pós-teste, isto é, não integra em si o componente de potencial de aprendizagem. Outro ponto que corrobora essa afirmação é que esses itens continuam a ser relativamente os mais difíceis mesmo após as três tentativas concedidas para resolvê-los no pós-teste (ver

acertos no escore pós 2). Esse padrão é contrário aos outros itens que, após as três chances são praticamente acertadas por 90% dos sujeitos. Assim eles são os itens cuja resolução é menos suscetível às influências do treino proposto nesse estudo.

Outro ponto importante relativo ao processamento é que nesses itens há maior chance de se agrupar figuras e atributos irrelevantes à solução do problema. Quando isso ocorre os sujeitos devem inibir as relações incorretas e valer-se de novos passos adicionais tentando novas soluções (relações entre as figuras) para resolver o problema. Assim as relações irrelevantes se constituem interferências no foco da atenção fazendo uma forte exigência às funções executivas de atenção seletiva, flexibilidade e controle da atenção (Carpenter e cols. 1990; Kane et al., 2001). A criação de várias possíveis relações exige-se uma abertura ao novo característico da inteligência fluida e da aprendizagem. Um fato muito interessante é que a correlação do Fator 3 ocorreu somente com o escore no pós-teste e não com os escores no pré-teste. Isso significa que o que este fator mede está associado a esse componente misto do Fator 2 ligado à inteligência fluida e ao potencial de aprendizagem (modificabilidade) corroborando essas interpretações de que esse fator integra um componente de potencial de aprendizagem.

Os resultados da análise fatorial indicaram que estes componentes são provavelmente elementos indissociáveis do construto inteligência fluida. Estes resultados estão de acordo com a análise fatorial feita em outro estudo (Primi, 2001) no qual duas formas com 16 itens cada foram aplicadas em mais de 2800 sujeitos e indicou também a existência de um único fator unindo os itens harmônicos e desarmônicos.

Em conjunto os resultados obtidos corroboram o modelo teórico testado uma vez que a manipulação dos fatores de complexidade conseguiu relativamente separar dois aspectos da inteligência fluida ligados à ordenação simultânea e atenção seletiva/abstração (Embretson, 1995, 1998, Primi, 2002a, 2002b). Entretanto eles não são componentes fatorialmente independentes, mas sim muito diferentes quanto ao nível de complexidade e/ou inteligência fluida que indicam. Uma característica marcante dos itens mais complexos é a demanda maior pelos processos de atenção seletiva e de flexibilidade além dos processos básicos de coordenação da execução de vários processos mais simples exigidos nos itens harmônicos. Isso pode sugerir uma certa hierarquia entre os processos ligados ao executivo central. Myake et al. (2001) encontraram algo similar analisando o componente visual da memória de trabalho mostrando que esses processos eram mais dependentes do central executivo do que aqueles ligados a memória auditiva.

Em termos gerais as propriedades psicométricas foram boas. Embora a consistência interna dos escores tenha sido baixa, deve-se levar em conta que praticamente metade dos itens era muito complexa (desarmônicos). Como o teste é de múltipla escolha, isso estimula mais respostas ao acaso nesses itens aumentando a possibilidade de padrões inconsistentes de resposta. Pode-se prever que em uma situação de maior ajuste entre capacidade dos sujeitos e dificuldade dos itens a consistência aumente. De modo geral os resultados das análises psicométricas clássicas, das correlações entre os fatores de complexidade e a dificuldade dos itens e da análise fatorial convergem atestando a boa qualidade do instrumento tanto no que se refere aos dados psicométricos quanto à integração desses dados com as interpretações propostas teoricamente a partir dos estudos recentes do construto (Carpenter et al., 1990; Embretson, 1995, 1998; Engle et al., 1999; Kane et al., 2001; Myake et al., 2001; Primi, 2002a, 2002b). A principal vantagem desse instrumento está no segundo aspecto, isto é, na possibilidade mais rica de interpretação dos escores e também na possibilidade de medida do potencial de aprendizagem (Embretson, 1994; Grigorenko e Sternberg, 1998). Tal aspecto precisa ser mais bem elaborado em estudos futuros.

REFERÊNCIAS

- Assessment Systems Corporation (1996). *User's manual for the microcat testing system*. ASC: St. Paul.
- Baddeley, A. D. (1996). The fractionation of working memory. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 93, 13468-13472.
- Baddeley, A. D. (1998). Recent developments in working memory. *Current opinion in neurobiology*, 8, 234-238.
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. J. (1994). Developments in the concept of working memory. *Neuropsychology*, 8, 4, 485-493.
- Blair, N. (no prelo). How similar are fluid cognition and general intelligence? A developmental neuroscience perspective on fluid cognition as an aspect of human cognitive ability. *Behavioral and Brain Sciences*.
- Bock, D., Gibbons, R., & Muraki, E. (1986). Full-information item factor analysis. *Applied Psychological Measurement*, 12, 3, 261-280.
- Carpenter, P. A., Just, M. A., & Shell, P. (1990). What one intelligence test measures: a theoretical account of the processing in the Raven Progressive Matrices test. *Psychological Review*, 97, 3, 404-431.
- Carroll, J. B. (1993). *Human cognitive abilities: A survey of factor-analytic studies*. New York: Cambridge University Press.
- Cattell, R. B. (1941). Some theoretical issues in adult intelligence testing. *Psychological Bulletin*, 31, 161-179.
- Cattell, R. B. (1971). *Abilities: Their structure, growth and action*. Boston: Houghton Mifflin.
- Embretson, S. (1994). Applications of cognitive design systems to test development. In C. R. Reynolds. (Ed.). *Cognitive assessment: A multidisciplinary perspective*. New York: Plenum Press.

- Embretson, S. (1995). The role of working memory capacity and general control process in intelligence. *Intelligence*, 20, 169-189.
- Embretson, S. (1998). A cognitive design system approach to generating valid tests: Application to abstract reasoning. *Psychological Methods*, 3, 3, 380-396.
- Engle, R. W., Tuholski, S. W., Laughlin, J. E., & Conway, A. R. A. (1999). Working memory, short-term memory, and general fluid intelligence: a latent-variable approach. *Journal of Experimental Psychology: General*, 128, 3, 309-331.
- Ferrioli, S. H. T., Linhares, M. B. M., Loureiro, S. R., & Marturano, E. M. (2001). Indicadores de potencial de aprendizagem obtidos através da avaliação assistida. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, 14, 1, 35-43.
- Fischer, G. H. (1973). The linear logistic test model as an instrument in educational research. *Acta Psychologica*, 37, 359-374.
- Goldman, S. R., & Pellegrino, J. W. (1984). Deductions about induction: analyses of developmental and individual differences. In R. J. Sternberg (Ed.). *Advances in the psychology of human intelligence*, (Vol. 2). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Grigorenko, E. L., & Sternberg, R. J. (1998). Dynamic Testing. *Psychological Bulletin*, 124, 1, 75-111.
- Horn, J. H. (1991). Measurement of intellectual capabilities: a review of theory. In K. S. McGrew, J. K. Werder, & R. W. Woodcock (Eds.). *WJ-R Technical Manual*. Allen, TX: DLM.
- Horn, J. L., & Cattell, R. B. (1966) Refinement and test of the theory of fluid and crystallized general intelligences. *Journal of Educational Psychology*, 57, 5, 253-270.
- Kane, M. J., Bleckley, M. K. Conway, A. R. A., & Engle, R. W. (2001). A controlled-attention view of working-memory capacity. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130, 2, 169-183.
- Klauer, K. J. (1990). A process theory of inductive reasoning tested by teaching of domain-specific thinking strategies. *European Journal of Psychology of Education*, 5, 2, 191-206.
- Kyllonen, P. C., & Cristal, R. (1990). Reasoning ability is (little more than) working memory capacity?! *Intelligence*, 14, 389-434.
- Linhares, M. B. M. (1995). Avaliação assistida: Fundamentos, definição, características e implicações para a avaliação psicológica. *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, 11, 1, 23-31.
- Linhares, M. B. M., Maria, M. R. S., Escolano, A. C. M., & Gera, A. A. S. (1998). Avaliação assistida: Uma abordagem promissora na avaliação cognitiva de crianças. *Temas em Psicologia*, 6, 3, 231-254.
- Lohman, D. F. (2000). Complex information processing and intelligence. In Sternberg, R. J. (Org.). *Handbook of intelligence* (pp. 285-340). New York: Cambridge University Press.
- McGrew, K. S., & Flanagan, D. P. (1998). *The intelligence test desk reference (ITDR): Gf-Gc cross-battery assessment*. Needham Heights: Allyn & Bacon.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Rettinger, D. A., Shah, P., & Hegarty, M. (2001). How are Visuospatial Working Memory, Executive Functioning, and Spatial Abilities Related? A latent-variable analysis. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130, 4, 621-640.
- Mulholland, T. M., Pellegrino, J. W., & Glaser, R. (1980). Components of geometric analogy solution. *Cognitive Psychology*, 12, 252-284.
- Primi, R. (1995). *Inteligência, processamento de informação e teoria da gestalt: Um estudo experimental*. [Dissertação de Mestrado], Pontifícia Universidade Católica de Campinas.
- Primi, R. (1998). *Desenvolvimento de um instrumento informatizado para avaliação do raciocínio analítico*. [Tese de Doutorado], Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo.
- Primi, R. (2000a). Avaliação componencial informatizada da Inteligência Fluida. *Laboratório de Avaliação Psicológica e Educacional – LabAPE*. Itatiba: Universidade São Francisco.
- Primi, R. (2000b). Testes informatizados de inteligência: dos produtos aos processos cognitivos. In M. J. Gonçalves, E. C. Macedo, A. L. Sennyey, & F. C. Capovilla (Orgs.). *Tecnologia em (re)habilitação cognitiva 2000: A dinâmica clínica-teoria-pesquisa* (pp. 30-37). São Paulo: Centro Universitário São Camilo.
- Primi, R. (2001). Contribution to the development of a Fluid Intelligence Scale. Manuscrito submetido para publicação.
- Primi, R. (2002a). Complexity of geometric inductive reasoning tasks: Contribution to the understanding of the Fluid Intelligence. *Intelligence*, 30, 1, 41-70.
- Primi, R. (2002b). Inteligência Fluida: Definição fatorial, cognitiva e neuropsicológica. *Paidéia*, 12, 23, 57-77.
- Primi, R., & Almeida, L. S. (1998). Considerações sobre a análise fatorial de itens com resposta dicotômica. *Psicologia: Teoria, Investigação e Prática*, 3, 225-234.
- Primi, R., & Rosado, E. M. S. (1995). Os princípios de organização perceptual e a atividade inteligente: um estudo sobre testes de inteligência. *Estudos de Psicologia*, 11, 2, 3-12.
- Sternberg, R. J. (1977). A component process in analogical reasoning. *Psychological Review*, 84, 4, 353-378.
- Sternberg, R. J. (1980). Factor theories of intelligence are all right almost. *Educational Researcher*, 9, 6-13.
- Wilson, D. T., Wood, R., & Gibbons, R. (1991). *TESTFACT: Test scoring, item statistics, and item factor analysis*. Chicago, IL: Scientific Software International.

Recebido em: 08/02/2006. Aceito em: 10/08/2006.

Autores:

Ricardo Primi – Mestre em Psicologia. Laboratório de Avaliação Psicológica e Educacional (LabAPE), Universidade São Francisco. Tem suas atividades de pesquisa, que deram origem a esse artigo, financiadas pelo CNPq e pela FAPESP.

Maria Beatriz Zanarella Cruz – Psicóloga. Universidade São Francisco.

Monalisa Muniz Nascimento – Psicóloga. Universidade São Francisco.

Martha Cristina Petrini – Psicóloga. Universidade São Francisco.

Endereço para correspondência:

RICARDO PRIMI

LabAPE – Universidade São Francisco

Rua Alexandre Rodrigues Barbosa, 45

CEP 13251-900, Itatiba, SP, Brasil

Fone: (0xx11)4534-8118

E-mail: ricardo.primi@saofrancisco.edu.br ; rprimi@uol.com.br