



ANÁLISE FATORIAL E ANÁLISE DE AGRUPAMENTO NO MAPEAMENTO DE CONCEPÇÕES EPISTEMOLÓGICAS DE PROFESSORES SOBRE A CIÊNCIA E A ECOLOGIA

Factor analysis and cluster analysis to map teacher's epistemological beliefs about science and ecology

Caio Castro Freire [cdcfreire@gmail.com]

Departamento de Biologia

*Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto – Universidade de São Paulo
Avenida Bandeirantes, 3900, Ribeirão Preto, SP, Brasil*

Marcelo Tadeu Motokane [mtmotokane@ffclrp.usp.br]

Departamento de Biologia

*Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto – Universidade de São Paulo
Avenida Bandeirantes, 3900, Ribeirão Preto, SP, Brasil*

Resumo

A construção e a validação de novas ferramentas para pesquisas epistemológicas no contexto educacional mostram-se extremamente importantes, e são poucos os trabalhos na área que realizam um processo de validação utilizando técnicas da estatística multivariada. Como a literatura aponta, existem inúmeros instrumentos disponíveis para o mapeamento de visões sobre a ciência como um todo, mas poucos voltados para a caracterização de concepções campo-dependentes, ou seja, concepções sobre áreas específicas da ciência, como a ecologia, que configura entre aquelas que têm recebido menor atenção dos pesquisadores. Desse modo, o presente artigo teve como objetivos: i) validar novos questionários para o mapeamento de concepções epistemológicas sobre a ciência e a ecologia profissionais e sobre o ensino de ecologia (ecologia escolar), e ii) caracterizar os perfis de concepções epistemológicas de uma amostra inicial de professores respondentes, em função do desempenho obtido nesses questionários. Elaboramos três questionários do tipo Likert com escala de cinco pontos, e realizamos um *survey online*, de corte transversal, com amostragem não probabilística por conveniência. O número amostral analisado correspondeu a um total de 80 sujeitos. Foi possível avaliar, por meio da análise fatorial exploratória e da análise de consistência interna (alfa de Cronbach), a capacidade dos nossos instrumentos de medir os construtos-alvo, o que em outras pesquisas normalmente é feito apenas de maneira qualitativa e subjetiva (análise pautada exclusivamente no conteúdo e não na estrutura interna). Já a análise de agrupamento permitiu definir quais grupos de professores mostraram perfis de concepções epistemológicas mais atualizadas/sofisticadas, e quais apresentaram concepções mais limitadas/ingênuas, contribuindo também com critérios mais objetivos para a interpretação dos resultados.

Palavras-Chave: Epistemologia da ecologia; Ensino de ecologia; Formação de professores; Validação de questionários; Análise de consistência interna.

Abstract

The construction and validation of new tools for epistemological studies in science education is very important and few studies perform a validation process using techniques from multivariate statistics. As suggested by the literature, there are several tools to identify epistemological views about the science as a whole, but few focused on the mapping of field-dependent beliefs, or views about specific scientific areas, such as the ecology, which has received less attention from researchers. Thus, this paper aimed to: i) validate new questionnaires for identification of epistemological beliefs about the science, the professional ecology, and the school ecology (teaching ecology), and ii) characterize the profiles of epistemological beliefs of the teachers who answered these questionnaires. We designed three questionnaires with Likert five-point scale, and carried out a cross-sectional online survey, using non-probabilistic convenience sampling. The sample size was 80 participants. The factor analysis and the internal consistency analysis

(Cronbach's alpha) allowed to evaluate the validity and reliability of our questionnaires, which is performed only in a qualitative/subjective way by most researchers. In addition, the cluster analysis allowed to map which groups of teachers showed sophisticated epistemological beliefs, and which presented naïve views. Therefore, the statistical techniques contributed offering more objective criteria for the interpretation of the results.

Keywords: Epistemology of ecology; Ecology education; Teacher training; Validation of questionnaires; Internal consistency analysis.

INTRODUÇÃO

O conhecimento científico é frequentemente tratado em sala de aula por meio de uma epistemologia que contribui para a emergência e consolidação de visões distorcidas sobre a natureza da ciência (Cachapuz *et al.*, 2005). De modo geral, a literatura tem insistido no distanciamento que pode haver entre o fazer e o ensinar ciências e na necessidade de aproximar essas duas práticas. Dessa problemática decorre a relevância de pesquisas que ajudem a identificar como a sociedade, e em particular, a comunidade escolar, tem se relacionado com os conhecimentos científicos. Seguindo essa tendência, há uma forte tradição de estudos dedicados ao desenvolvimento de ferramentas (questionários, entrevistas) para o levantamento das concepções epistemológicas de professores e alunos sobre a ciência (Sandoval, 2005). Esses estudos têm apontado que essas visões, quando equivocadas, constituem obstáculos à renovação do ensino de ciências.

Vários questionários já se tornaram referências para a análise de concepções sobre a natureza da ciência: INPECIP (Inventario de Creencias Pedagógicas y Científicas de Profesores) (Porlán, 1989), VOSTS (*Views on Science-Technology-Society*) (Aikenhead & Ryan, 1992), VNOS (*Views of Nature of Science*) (Lederman & O'Malley, 1990). A maioria desses questionários está relacionada a visões sobre a ciência como um todo, e não sobre áreas ou subáreas específicas (como a biologia, ecologia). Entretanto, a natureza da produção do conhecimento científico pode variar dependendo do campo, resultando em concepções e práticas (epistemologias) domínio-dependentes (Kuhn *et al.*, 2000). Assim, ressalta-se a importância de desenvolver ferramentas capazes de mapear concepções epistemológicas mais específicas dentro das diferentes disciplinas científicas. Além disso, a literatura aponta a escassez de instrumentos capazes de mapear, além da epistemologia formal de um campo (concepções sobre a ciência profissional), a epistemologia do conhecimento escolar (concepções sobre a cultura científica escolar) dentro desse campo (Sandoval, 2005).

Essas demandas são especialmente válidas para a área da ecologia e têm sido apontadas desde a década de 1990. A reflexão insuficiente sobre a natureza dessa disciplina por parte dos professores foi destacada como um dos maiores obstáculos ao seu desenvolvimento nos programas escolares. Pouca atenção tem sido dispensada a questões filosóficas e epistemológicas da ecologia, quando comparada à física, química ou à própria biologia, o que poderia estar relacionado a três principais razões: compreender uma área com uma variedade muito grande de subcampos (objetos de estudo e perspectivas teórico-metodológicas); ser uma ciência relativamente jovem; e ter pesquisadores menos engajados nesses tipos de discussão (Wilson, 2009).

A ecologia foi descrita inicialmente por expoentes da ecologia vegetal americana como sendo uma parte da fisiologia ou até como sinônimo desta. Já os especialistas em ecologia animal descreveram a ecologia como sendo a “nova história natural”. Portanto, a ecologia parece ter assumido uma disputa que antecede a sua origem – o embate entre naturalistas e experimentalistas (fisiologistas) do século XIX –, dificultando o posicionamento dos ecólogos. Segundo Holling (1998), essas tensões permanecem configurando o que ele chama de duas culturas vigentes na ecologia: a cultura analítica, que lida com metas pré-estabelecidas e prioriza o método experimental, e a cultura sintética ou integrativa, de abordagem mais ampla e exploratória. A ecologia deve enfatizar estudos experimentais típicos da tradição mecanicista e reducionista da fisiologia? Ou a complexidade e interconexão dos fenômenos ecológicos exigem, ao contrário, uma abordagem holística, para a qual laboratórios são insuficientes? Essas são algumas das questões sobre as quais o ecólogo e o professor de ecologia precisam refletir.

Diante de raízes e interesses tão plurais, uma grande variedade de métodos e abordagens investigativas desenvolveu-se dentro da ecologia. É possível notar uma forte relação entre a emergência da perspectiva holística e o desenvolvimento de abordagens descritivas e qualitativas para o estudo da ecologia vegetal, enquanto a perspectiva individualista exigiu ferramentas quantitativas. As pesquisas

iniciais com ecologia de plantas eram predominantemente baseadas no monitoramento ambiental, incluindo observações descritivas dos fenômenos na natureza por um longo período. Posteriormente, experimentos laboratoriais e em campo foram introduzidos para garantir certas generalizações. Com o acúmulo de dados e tecnologias, no século XX emergiram novas abordagens envolvendo modelagens estatísticas computacionais ainda mais comprometidas em prever e generalizar padrões ecológicos complexos (Spiegelberger *et al.*, 2012), e em superar metodologias meramente descritivas (naturalistas).

Outro ponto importante no debate sobre a natureza da ecologia é o estatuto das generalizações ecológicas, ou dito de outra maneira, a existência de leis na ecologia (Pickett *et al.*, 2007). A natureza heterogênea dessa ciência parece tornar o debate mais complexo, já que por trabalhar com múltiplos problemas, investigar diferentes grupos de organismos em diferentes níveis, os ecólogos produzem generalizações em diferentes escalas. Os próprios termos “holismo” e “reduccionismo” tornam-se muito relativos para serem aplicados à ecologia como um todo e passam a depender do nível de organização considerado. Por exemplo, a autoecologia poderia ser vista como holística em relação à fisiologia, mas reducionista em relação à ecologia de populações.

Wilson (2009) aponta que a introdução de modelos matemáticos e estatísticos na ecologia contribuiu grandemente para o seu desenvolvimento. Porém, segundo o autor, no começo do século XX esses modelos estavam fortemente relacionados à busca de leis ecológicas com *status* similar às leis físicas e químicas, e somente após algumas décadas os ecólogos passaram a reconhecer as particularidades das generalizações produzidas por sua ciência. A ecologia é capaz de formular leis e prever mecanismos dos sistemas ecológicos? Ou a inseparabilidade das variáveis ecológicas implica estudos de caso, semelhantes àqueles da história natural?

Outra questão relevante é que somente em 1960, com a crise ambiental, a ecologia alcançou a arena pública, tornando-se um lema, um guia para repensar o relacionamento das sociedades humanas com o meio ambiente. Essa apropriação repentina de conceitos da ecologia para interpretar fenômenos de outros campos (sociais, políticos, econômicos) distorceu várias características epistemológicas dessa ciência ainda em consolidação. A ecologia passou a ser confundida com qualquer coisa que diz respeito ao meio ambiente, incorporando conhecimentos, métodos e preocupações muito diversos (Mcintosh, 1986).

O intuito dessa breve reflexão sobre a natureza plural e complexa da ecologia, a partir do resgate histórico de suas principais influências e tensões, é destacar algumas características epistemológicas dessa ciência que não deveriam ter atenção apenas de historiadores, filósofos e epistemólogos. A comunidade de professores de biologia e ecologia tem consciência dessas características?

Desse modo, o presente artigo teve dois objetivos principais: i) validar novos questionários para o mapeamento de concepções epistemológicas sobre a ciência e a ecologia profissionais e sobre o ensino de ecologia (ecologia escolar); ii) caracterizar os perfis de concepções epistemológicas de uma amostra inicial de professores respondentes, em função do desempenho obtido nesses questionários.

METODOLOGIA

Elaboração dos questionários e coleta de dados

Foram elaborados três questionários: questionário 1. VNC – “Visões sobre a Natureza da Ciência” –, relacionado a visões genéricas sobre a ciência; questionário 2. VNEC – “Visões sobre a Natureza da Ecologia” –, contemplando discussões sobre essa área em particular, e não a ciência como um todo; e questionário 3. VEEC – “Visões sobre o Ensino de Ecologia” –, abordando a ecologia ensinada nas escolas, e não aquela praticada pelos ecólogos/cientistas profissionais. O questionário 1 foi inspirado em instrumentos disponíveis na literatura que já se tornaram referências para a análise de visões gerais sobre a ciência (instrumentos citados na Introdução). Já os questionários 2 e 3 são proposições completamente inéditas, e foram construídos a partir de uma revisão bibliográfica sobre o desenvolvimento histórico da ciência ecologia.

Optamos por priorizar questionários autoaplicáveis compostos por questões fechadas com escalas Likert de cinco pontos. A opção por questões fechadas e enviadas pela internet almejou otimizar o tempo de coleta e análise dos dados, assim como o volume de dados produzidos (tamanho da amostra) (Günther, 2003; Mattar, 1996). O envio pela internet contribuiu para tornar a coleta menos dispendiosa e mais viável

logisticamente, permitindo incluir na amostragem sujeitos de diferentes partes do Brasil (como Amazonas, Pernambuco, Bahia, Paraná, Santa Catarina).

O questionário foi disponibilizado por correio eletrônico e *Facebook* para todos os profissionais, conhecidos pelos integrantes do grupo de pesquisa, que atendiam as características do público-alvo: sujeitos graduados em biologia, atuantes ou que já atuaram como professores na educação básica. Esses foram os requisitos para a participação na investigação, e além do perfil profissional, os sujeitos foram escolhidos em função da sua acessibilidade e disponibilidade. Dessa maneira, o estudo configurou-se como do tipo *survey online*, de corte transversal (Parasuraman *et al.*, 2006) e com amostragem não probabilística por conveniência. O número amostral analisado correspondeu a um total de 80 sujeitos.

O uso de questões do tipo Likert foi orientado pela literatura, que destaca esse tipo de escala de mensuração como o mais utilizado nas ciências sociais, especialmente em estudos cujo objetivo central é levantar crenças e opiniões de um público-alvo sobre determinado tópico ou construto de interesse (Günther, 2003). Optou-se por uma escala de cinco pontos (a mais recorrente na literatura), incluindo os seguintes níveis: “Concordo fortemente”, “Concordo”, “Indeciso”, “Discordo”, “Discordo fortemente”, e para o tratamento estatístico dos dados, esses níveis foram convertidos em escores de um a cinco. As categorias de resposta “Concordo fortemente”, “Concordo”, “Indeciso”, “Discordo”, e “Discordo fortemente” foram convertidas respectivamente nos valores 1,0; 2,0; 3,0; 4,0 e 5,0 para itens alinhados com uma visão mais atual e sofisticada do empreendimento científico (por exemplo, item 23 do primeiro questionário: “A observação e o desenvolvimento de uma investigação científica são orientados por teorias prévias – hipóteses, metas pré-estabelecidas – sobre aquilo que se quer investigar”), e tiveram pontuação invertida para itens alinhados com uma visão mais tradicional/ingênua (por exemplo, item 1 do primeiro questionário: “A ciência é isenta de interesses/valores sociais, culturais”).

Aqui se torna necessário esclarecer algo importante. Sabemos que classificar concepções epistemológicas como adequadas ou inadequadas é passível de críticas, uma vez que não há uma única epistemologia da ciência – uma perspectiva tida como a mais “correta” ou apropriada para caracterizar o empreendimento científico. Ao contrário, existem muitas vertentes de pensamento e divergências dentro da própria comunidade de filósofos e epistemólogos para descrever a natureza da ciência (Gil *et al.*, 2001; McComas *et al.*, 1998). Entretanto, isso não quer dizer que não haja certo consenso na literatura sobre alguns aspectos essenciais do trabalho científico e, portanto, sobre ideias que devem ser evitadas por professores e alunos na caracterização da ciência. Essas ideias indesejáveis refletem uma visão predominantemente empírico-indutivista e absolutista da natureza da ciência, ou seja, que tende a compreender: - a observação e a experimentação como sendo neutras, e os dados e resultados científicos como incontestáveis (verdades definitivas); - o método científico como linear, universal, infalível, exclusivamente analítico e reducionista; - o trabalho dos cientistas como isento de subjetividade, criatividade, aspectos sociais, políticos, econômicos (Abd-el-Khalick & Lederman, 2000; Gil *et al.*, 2001; Lederman, 1992). Assim, para o questionário 1 (VNC), chamaremos de concepções epistemológicas limitadas, ingênuas ou tradicionais aquelas que defendem as ideias mencionadas acima, e chamaremos de visões (posições, concepções) epistemológicas mais sofisticadas ou atualizadas aquelas que discordam dessas ideias.

Do mesmo modo, apoiando-se na revisão bibliográfica realizada, chamaremos de concepções limitadas, para os questionários 2 (VNEC) e 3 (VEEC), aquelas que expressam visões já superadas historicamente, por exemplo, que compreendem a ecologia como dotada de menor “cientificidade”, que defendem a ecologia como uma área caracterizada por abordagens metodológicas exclusivamente holísticas/sintéticas, descritivas e qualitativas (pautadas em estudos de caso), e portanto, como uma área que não possui os mesmos compromissos epistemológicos de outras ciências (como a busca por quantificações, modelizações, teorizações, generalizações). Essas visões limitadas colocam a ecologia muito mais próxima da história natural do que de outras ciências atualmente praticadas, e/ou concebem a ecologia mais como uma filosofia para a preservação e educação ambientais do que como uma ciência propriamente dita. Com relação ao ensino de ecologia, concepções epistemológicas tradicionais também são marcadas por crenças ingênuas tais como: - supervalorização do trabalho de campo e dos espaços não formais (acreditar que realizar excursões com os alunos para visita a espaços não formais de ensino está entre os aspectos mais importantes e decisivos para assegurar um ensino de qualidade, sendo garantia da aprendizagem); - defesa de um currículo fragmentado e linearizado (acreditar que o ensino de ecologia depende de muitos pré-requisitos como o acúmulo prévio de diversos conceitos de outras áreas). Essa última crença posiciona-se exatamente no sentido contrário às tendências das propostas curriculares mais recentes, que defendem a ecologia como eixo organizador e integrador de todo o currículo da biologia (como ponto de partida e não como ponto final para pensarmos o currículo), ou seja, como uma disciplina

que oferece situações e problematizações ricas e fecundas para introduzir uma grande pluralidade de conteúdos e de maneira interdisciplinar.

Validação dos questionários

Primeiramente, foi realizada uma validação baseada no conteúdo, para avaliar o quanto os itens de cada questionário são representativos dos construtos de interesse (Martins, 2006; Primi *et al.*, 2009). Essa primeira validação foi feita dentro do grupo de pesquisa do qual este estudo faz parte. Especialistas do grupo avaliaram a relação entre o conteúdo abarcado pelos questionários e a maneira como a epistemologia da ciência em geral e da ecologia estão descritas na literatura, e deram algumas sugestões, como inclusão/exclusão de alguns itens, adequação da linguagem, dentre outras.

Posteriormente, por meio da análise fatorial, foi realizada uma validação baseada na estrutura interna dos instrumentos. Foram testadas as suposições sobre a adequabilidade dos dados para a aplicação da análise fatorial (ausência de *outliers*, linearidade das distribuições e baixa multicolinearidade) e os dados mostraram-se adequados. Os três questionários foram analisados separadamente.

A detecção univariada de *outliers* envolveu a inspeção de *boxplots* de todos os itens dos questionários segundo o critério do intervalo interquartil – os valores discrepantes foram definidos como aqueles situados a 2,2 ou mais desvios quartílicos do quartil superior ou inferior da distribuição. Já a detecção multivariada envolveu o cálculo da distância de Mahalanobis (D^2) – essa distância foi testada pela distribuição qui-quadrado, com grau de liberdade definido pelo número de itens do questionário, e nível de significância de 0,001, sendo que casos com medidas D^2 significantes na distribuição qui-quadrado podem ser considerados *outliers* (Tabachnick & Fidell, 2001). A linearidade e colinearidade foram verificadas a partir da análise das correlações bivariadas entre as variáveis (coeficientes de correlação produto-momento de Pearson). Um bom ajuste linear entre as variáveis pode ser inferido quando a maior parte dos coeficientes na matriz de correlações é significativa ($p < 0,05$). Por outro lado, esses coeficientes não devem ser muito altos (maiores do que 0,9) para podermos inferir que a multicolinearidade é baixa (Lelis *et al.*, 2011). A colinearidade também foi analisada por meio de diagnósticos de colinearidade (*Collinearity Diagnostics*), uma ferramenta oferecida por *softwares* estatísticos e que está pautada principalmente no teste do Fator de Inflação da Variância (VIF – *Variance Inflation Factor*). Grandes valores de VIF indicam alta multicolinearidade, o que é indesejável para análises fatoriais (Keith, 2006), sendo adotado o valor crítico de 10,0 (valores de VIF inferiores a 10,0 sugerindo colinearidade aceitável) (Shieh, 2010).

A análise fatorial permite analisar a interdependência (correlação) entre as variáveis de um questionário (Hair Jr. *et al.*, 2005). Logo, é possível verificar se cada item (questão) do questionário relaciona-se adequadamente com os outros itens, ou seja, se o conjunto de variáveis observadas mede um mesmo conceito – um mesmo fator ou dimensão latente do construto (Pasquali, 2003). Esta é uma das técnicas mais utilizadas na validação de testes em estudos de sociologia e psicologia (Martins, 2006; Primi *et al.*, 2009). A premissa central da análise fatorial é que as medidas obtidas com o instrumento são combinações lineares de alguns fatores (cada fator é interpretado como uma variável latente subjacente a diversas variáveis observadas). Como o objetivo da análise fatorial é reduzir um grande número de variáveis observadas a poucas variáveis (variáveis latentes ou fatores) – atendendo assim a um princípio da parcimônia –, a análise fatorial também é conhecida pelos especialistas como uma técnica de condensação de dados (Laros, 2005).

Foi utilizada a análise fatorial exploratória, adequada quando não existe *a priori* uma estrutura fatorial bem respaldada teoricamente (Laros, 2005). A análise fatorial envolveu os seguintes passos: 1º) verificação da adequabilidade do padrão de correlação entre as variáveis; 2º) definição do tipo de técnica utilizada para extrair os fatores e do número de fatores a serem extraídos; 3º) definição do procedimento de rotação a ser utilizado para direcionar os fatores; 4º) interpretação dos resultados gerados (Figueiredo Filho & Silva Jr., 2010; Laros, 2005).

A avaliação da adequabilidade da matriz de dados foi feita a partir da verificação dos valores presentes na diagonal da matriz anti-imagem e a partir dos testes de Kaiser-Meyer-Oiklin (KMO) e de Bartlett (Hair Jr. *et al.*, 2009; Malhotra, 2001).

Para a extração de fatores, optou-se pelo método de componentes principais, por ser o mais utilizado quando o objetivo é basicamente reduzir as variáveis em um espaço ótimo de fatores, ou seja, quando se quer simplesmente obter um resumo empírico do conjunto de dados (abordagem exploratória) (Hair Jr. *et al.*, 2009).

Para definir o número de fatores extraídos, três critérios complementares foram considerados: a regra dos autovalores (*eigenvalues*), também chamado critério de Guttman-Kaiser (GK) (Guttman, 1954; Kaiser, 1960); o teste do gráfico de escarpa (*scree test*) proposto por Cattell (Cattell, 1966); e o critério da análise paralela de Horn (Horn, 1965). A análise paralela compara os autovalores obtidos empiricamente, com os valores médios de autovalores gerados a partir de matrizes hipotéticas (amostras de mesmo tamanho contendo dados randômicos não correlacionados). Seguindo esse critério, devem ser extraídos apenas os fatores com autovalores empíricos superiores aos autovalores obtidos randomicamente.

Depois da extração, os fatores retidos foram rotacionados de modo a deixar a solução fatorial mais interpretável, mas conservando suas propriedades estatísticas. Foi adotado o método de rotação ortogonal Varimax, um dos mais utilizados em análises fatoriais exploratórias (Tabachnick & Fidell, 2007).

Finalmente, a última etapa da análise fatorial compreendeu a interpretação da matriz fatorial rotacionada. Essa matriz mostra as cargas fatoriais de cada item do questionário, em cada fator extraído, sendo que quanto maior a carga, melhor é o carregamento desse item nesse fator (ou seja, mais relacionado ao fator ele está) (Pasquali, 2003). Em decorrência de todos os procedimentos descritos anteriormente, a solução fatorial ajuda o pesquisador a definir se o questionário está mensurando uma única dimensão do construto de interesse e é, portanto, unidimensional, ou se envolve várias dimensões, exigindo a retenção de dois ou mais fatores latentes.

É importante não confundir unidimensionalidade com consistência interna. A literatura aponta a existência de uma confusão recorrente entre esses conceitos e esclarece que embora a unidimensionalidade normalmente implique em maior consistência interna, é possível produzir questionários unidimensionais com fraca consistência. A suposição contrária é ainda mais problemática, pois existem inúmeros questionários que produzem dados altamente consistentes, mas que não são unidimensionais (são multidimensionais, porém com dimensões fortemente correlacionadas) (Maroco & Garcia-Marques, 2006; Vitória *et al.*, 2006). Por esse motivo foi realizada primeiramente a análise fatorial para investigar a dimensionalidade dos questionários, e apenas no final prosseguimos com a análise da consistência interna.

Consistência interna, também chamada de confiabilidade ou fiabilidade, indica a consistência com a qual um instrumento realiza suas medidas ou, em outras palavras, o quanto os registros produzidos por este instrumento estão livres de erros aleatórios das observações (Maroco & Garcia-Marques, 2006). Para ser consistente, um mesmo instrumento, quando utilizado em condições semelhantes, deve gerar medidas semelhantes. Existem vários métodos estatísticos para estimar a fiabilidade enquanto consistência interna, e o mais amplamente divulgado é o cálculo do coeficiente “alfa” de Cronbach (Cronbach, 1951). Esse coeficiente deve ser calculado separadamente para os conjuntos de variáveis pertencentes a cada fator extraído pela análise fatorial, ou seja, para cada conjunto de itens do questionário que reflete uma escala unidimensional (Hora *et al.*, 2010). Existem inúmeras discussões sobre qual o valor mínimo aceitável para a caracterização de um bom coeficiente de consistência interna. Adotamos as proposições que consideram o valor de 0,6 como mínimo esperado para o coeficiente alfa (Hair Jr. *et al.*, 2005; Pasquali, 2003).

Finalmente, o conceito de confiabilidade (ou fidedignidade) não deve ser tomado como sinônimo de validade. Enquanto a validade está relacionada à capacidade de medir especificamente aquilo que se pretende medir – de atingir o construto de interesse –, a confiabilidade indica apenas com que consistência uma determinada medida ou um determinado alvo são alcançados (qualquer alvo, independentemente de ser o válido). Além disso, a validade de um instrumento não deve ser inferida a partir de um único parâmetro, mas sim de uma caracterização cumulativa de inúmeras evidências (tanto em termos de conteúdo, quanto de estrutura interna, e ainda outras evidências nem mencionadas aqui por fugirem do escopo do artigo). Por isso é um equívoco grave tomar o coeficiente alfa de Cronbach como sinônimo da validade de um instrumento.

Caracterização das concepções epistemológicas dos professores

Diferente da análise fatorial, que se mostra mais robusta para o agrupamento das variáveis / dos itens do questionário, a análise de agrupamento está centrada no agrupamento dos sujeitos respondentes (Corrar, 2007; Favero, 2009; Johnson, 1992). No nosso estudo, a finalidade foi dividir os sujeitos de pesquisa em grupos, de modo a maximizar a homogeneidade dentro dos grupos e a heterogeneidade entre os grupos, ou seja, de modo a categorizar os diferentes desempenhos dos participantes por meio de critérios mais objetivos (estatísticos).

A análise de agrupamento envolveu os seguintes passos: 1º) seleção das variáveis e dos sujeitos a serem agrupados; 2º) definição da medida de distância (dissimilaridade) entre cada par de sujeitos, utilizada

para calcular se eles pertencem ou não a um mesmo grupo, sendo que quanto maior a distância, menor a semelhança entre os sujeitos; 3º) escolha do método (algoritmo) de agrupamento – se hierárquico ou não hierárquico; 4º) definição da quantidade de grupos a serem formados e interpretação dos resultados (Corrar, 2007; Favero, 2009; Johnson, 1992).

Os agrupamentos incluíram todos os sujeitos de pesquisa e foram feitos a partir dos escores fatoriais de cada participante. Desse modo, ao invés das variáveis originais (cada item) do questionário, foram utilizadas apenas as variáveis latentes resultantes da análise fatorial. Os escores fatoriais são estimativas dos escores dos indivíduos, isto é, são estimativas das variáveis latentes (os fatores). Em nossa análise fatorial, os escores fatoriais foram estimados usando o método de regressão (opção padrão no pacote “psych” do *software* R). Pelo método de regressão, os escores fatoriais são obtidos pelo produto da inversa da matriz de correlação entre as variáveis, e da matriz de correlação entre fatores e variáveis. Nesse caso existe uma alta correlação entre os fatores e os escores fatoriais, e a distribuição de cada escore fatorial tem média igual a zero e desvio padrão igual a um (Tabachnick & Fidell, 1996).

A partir dos escores fatoriais, foram calculadas matrizes de distância euclidiana (“d”) entre os sujeitos, e foi aplicado o método hierárquico de Ward, que estão entre os procedimentos mais utilizados na análise de agrupamento (Hair *et al.*, 2005; Malhotra, 2001). Como cada um dos questionários foi caracterizado por duas dimensões latentes (fator 1 e fator 2), escolhemos dividir os respondentes em quatro grupos para tentar facilitar a categorização dos perfis de concepções epistemológicas: sujeitos com pontuações altas em ambas as dimensões do construto (i); ou pontuações baixas em ambas (ii); aqueles com pontuações maiores apenas na primeira dimensão (iii); ou apenas na segunda (iv).

Os agrupamentos gerados foram representados por meio de mapas perceptuais. Esses mapas são soluções gráficas que mostram a posição de cada sujeito em função das dimensões/variáveis de interesse e marcam quais sujeitos pertencem a quais grupos, facilitando a visualização e interpretação das percepções de cada grupo sobre o construto investigado.

Todas as análises estatísticas foram realizadas no *software* RStudio versão 0.99.902 (R Core Team, 2016) com os pacotes “psych” (Revelle, 2016), “GPArotation” (Bernaards & Jennrich, 2005), “nFactors” (Raiche, 2010), “ltm” (Rizopoulos, 2006) e “msm” (Jackson, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Validação dos questionários com base no conteúdo

A relação entre o conteúdo dos questionários e os referenciais teóricos que descrevem o domínio da investigação foi julgada como válida pelos especialistas do grupo de pesquisa vinculado ao presente estudo. Os itens do questionário 1 – VNC (“Visões sobre a Natureza da Ciência”) foram avaliados como adequados para abranger aspectos que, segundo a literatura, são críticos nas discussões sobre epistemologia da ciência. Assim, esse primeiro questionário foi classificado como válido para investigar a presença de concepções epistemológicas tradicionais sobre a ciência profissional, ou de concepções mais atualizadas (Tabela 1).

Tabela 1 – Relação entre o conteúdo do questionário 1 (“Visões sobre a Natureza da Ciência” – VNC) e o construto psicológico de interesse.

Construto psicológico de interesse:	“Visões/imagens sobre o modo como a Ciência atua” – questionário 1 (VNC)
Conteúdos que, segundo a literatura especializada, caracterizam o construto	Conteúdo das asserções presentes no questionário
- A predominância de <i>imagens de uma ciência neutra, algorítmica</i> e, portanto, <i>infalível</i> : enxergar a ciência como possuindo um único método (“O” método científico), dotado de uma sequência de etapas rígidas e invariáveis e absolutamente objetivas (“descontaminadas” de subjetividades	A ciência é isenta de interesses e valores sociais, culturais. / A ciência trabalha com o conhecimento isento de aspectos subjetivos e emocionais. / Criatividade e imaginação comprometem a objetividade e racionalidade da ciência. / Existe um método universal para produzir conhecimento científico. / A lógica do trabalho científico exige separar a natureza em objetos de estudo menores e passíveis de análise, de modo a estudar cada “parte” para compreender o

como emoções, valores, interesses políticos e econômicos), envolvendo experimentações e quantificações rigorosas por meio das quais a obtenção da verdade é inevitável.

- E também a predominância de *concepções empírico-indutivistas e positivistas*: acreditar que toda pesquisa começa sempre com a observação/experimentação “neutra” (como se não houvesse teorias e hipóteses prévias e nem subjetividade do pesquisador), e acreditar fortemente que os dados por si só (os “dados puros”) são provas inquestionáveis que revelam as verdades sobre o mundo (que levam automaticamente, por meio do raciocínio indutivo, à descoberta de leis universais).

“todo”. / Dados científicos são dados quantitativos (dados mensuráveis, que podem ser convertidos em números). / A ordem de etapas do método científico é: 1º) Observação, 2º) Levantamento de hipóteses, 3º) Coleta de dados, 4º) Elaboração de teorias e ou leis. / Pesquisas científicas revelam algumas verdades sobre o mundo natural. / Conhecimentos científicos, uma vez estabelecidos e consolidados, são definitivos. / A observação do cientista é orientada por teorias prévias (hipóteses, metas pré-estabelecidas) sobre aquilo que se quer investigar. / Conhecimento científico é aquilo que é passível de comprovação experimental. / Experimentos são procedimentos capazes de provar que uma explicação científica é verdadeira. / Dados ou evidências científicas são fatos incontestáveis. / O produto da pesquisa é a formulação de leis científicas (leis universais). / Se uma teoria é provada, ela se torna uma lei científica. / Leis científicas são mais importantes que teorias científicas.

Seguindo o mesmo procedimento, os itens do questionário 2 – VNEC (“Visões sobre a Natureza da Ecologia”) e os itens do questionário 3 – VEEC (“Visões sobre o Ensino de Ecologia”) foram avaliados como adequados para representar as duas principais vertentes filosóficas que, segundo os estudiosos da área, caracterizam o desenvolvimento histórico da ecologia, e que até hoje são utilizadas para discutir o modo como essa disciplina (tanto a acadêmica, como a escolar) produz conhecimento. Então, o segundo e terceiro questionários foram julgados como possuindo conteúdos válidos para investigar se determinado público-alvo concebe a ecologia como uma ciência exclusivamente holística, integrativa, sintética, descritiva e qualitativa, mais próxima da história natural e da educação ambiental, ou como uma ciência que não se restringe a essas características (que já se desenvolveu para muito além disso) (Tabela 2).

Tabela 2 – Relação entre o conteúdo dos questionários 2 (“Visões sobre a Natureza da Ecologia” – VNEC) e 3 (“Visões sobre o Ensino de Ecologia” – VEEC) e os construtos psicológicos de interesse.

Construtos psicológicos de interesse:	“Visões/imagens sobre o modo como os ecólogos produzem ciência” – questionário 2 (VNEC)	
	“Visões/imagens sobre o modo como a ecologia deve ser ensinada nas escolas” – questionário 3 (VEEC)	
Conteúdos que, segundo a literatura especializada, caracterizam os construtos	Conteúdo das asserções presentes no questionário 2	Conteúdo das asserções presentes no questionário 3
<p>- <i>Imagens de uma ecologia holística e integrativa</i>: ver essa área como possuindo objetos de estudo muito diferentes (muito complexos) e que impossibilitam certas práticas científicas (por exemplo, a realização de experimentos, de quantificações rigorosas), ou seja, ver os ecólogos mais como “naturalistas”, comprometidos exclusivamente com observações de campo e com descrições qualitativas da natureza.</p> <p>- <i>Ver a ecologia mais como uma filosofia (um “guia”) para</i></p>	<p>Os estudos ecológicos exigem a análise conjunta de todas as variáveis relacionadas aos seres vivos e seus ambientes para compreender a natureza em sua totalidade e integralidade. / Por lidar com objetos de estudo complexos, o trabalho na ecologia é amplo e exploratório. / As pesquisas em ecologia impossibilitam o estabelecimento de metas e hipóteses (teorias prévias) antes das saídas e observações de campo. / Nas pesquisas em ecologia, os dados são qualitativos (dados do tipo: “o que, onde, quando, como e por quê?”). / Dada a interconexão ou interdependência das variáveis</p>	<p>O trabalho de campo (por exemplo, visitas a alguns biomas ou ecossistemas) é imprescindível para o ensino de ecologia. / O ensino de ecologia é voltado para informações qualitativas, ou seja, para respostas do tipo: “o que, onde, como e por quê?”. / A aula de ecologia tem menor potencial (quando comparada a outras disciplinas da biologia) para ensinar habilidades como: levantar hipóteses, fazer previsões e previsões sobre o fenômeno, construir relações de causalidade, fazer generalizações. / A aprendizagem da ecologia é avaliada pela mudança de ações e hábitos do aluno voltada para uma relação mais saudável, sustentável entre a sociedade e o meio ambiente. / A</p>

preservação ambiental do que como uma disciplina científica (uma disciplina dotada de um corpo de conhecimentos e uma metodologia de investigação): entender que a função do profissional ecólogo é realizar o manejo do meio ambiente (por exemplo, cuidar de uma unidade de conservação, ou realizar um reflorestamento), e entender que o objetivo do professor de ecologia e das aulas de ecologia é acima de tudo a educação ambiental.

- *Ver a ecologia como uma disciplina que*, por lidar com objetos de estudo muito complexos, *precisa ser ensinada de maneira linear e fragmentada* e depende do domínio prévio de muitos conhecimentos de outras áreas da biologia (depende de pré-requisitos).

ambientais relacionadas aos fenômenos ecológicos, a pesquisa em ecologia impossibilita a realização de experimentos. / Dada a complexidade dos fenômenos que estuda, a pesquisa em ecologia impossibilita a formulação de equações ou modelos matemáticos para esses fenômenos. / Como os fenômenos ecológicos dependem de muitas particularidades (variáveis ambientais locais), a pesquisa em ecologia impossibilita a formulação de generalizações sobre esses fenômenos. / Os resultados da pesquisa em ecologia são descrições ou explicações daquilo que é registrado no momento e local específicos da investigação (são estudos de caso sobre as realidades locais). / A atuação do ecólogo exige o trabalho com ações práticas e concretas de manejo e conservação (preservação ambiental).

aprendizagem da ecologia é avaliada pela capacidade do aluno de emitir opinião sobre problemas socioambientais. / Temas estritamente científicos (e não sociais ou socioambientais) são mais distantes das demandas de formação dos alunos enquanto cidadãos críticos. / O ensino de ecologia é mais significativo quando organizado respeitando a divisão dos níveis hierárquicos da biologia (organismo → população → comunidade → ecossistema → biosfera), e tratando os conteúdos separadamente e nessa ordem, do nível de menor complexidade para o de maior. Por exemplo, deve-se ensinar os conceitos associados ao estudo do “organismo”, para depois passar ao tópico (nível) posterior, que é “população”, e assim por diante. / A ecologia é efetivamente ensinada quando os alunos já adquiriram um bom repertório de muitos conceitos (conhecimentos prévios) de outras áreas da biologia. / Aulas investigativas, que usam problematizações, exigem um acúmulo prévio de conceitos da área.

Validação dos questionários com base na estrutura interna

Caracterização da amostra

Foram obtidas respostas de um total de 80 participantes (33,7% do gênero masculino e 66,3% do gênero feminino), com idade entre 24 e 66 anos e residentes em diversos estados brasileiros (mais de 80% residente em SP, mas também tivemos pelo menos um representante dos estados de MG, PR, SC, BA, PE, PA, AM). Com relação ao perfil profissional, 65% possui algum tipo de pós-graduação. As especializações (considerando tanto as *stricto sensu* como as *lato sensu*) estão concentradas nas seguintes áreas: educação (incluindo educação ambiental) e ensino de ciências/biologia (40,4% dos casos); genética e biologia molecular (15,1%); meio ambiente (por exemplo: recursos florestais, gestão de recursos naturais, saúde ambiental, gerenciamento ambiental) (11,3%). Apenas 20% dos participantes admitiram ter alguma experiência como pesquisador na área de ecologia (por exemplo, algum estágio ou iniciação científica durante a formação inicial, ou durante alguma atividade profissional posterior à graduação). A maioria (52,5%) possui entre dois e dez anos de experiência docente. Do total de participantes, 88,8% está atuando atualmente como professor (a maioria destes na educação básica e em escolas públicas – 78,9%).

Adequabilidade dos dados

Os testes estatísticos de identificação tanto de *outliers* univariados como multivariados não detectaram casos atípicos. Do total de correlações bivariadas em cada questionário, 63,3% foram significativas (coeficientes de Pearson com $p < 0,05$) no questionário 1, 66,6% no questionário 2, e 41,6% no questionário 3 (ver Apêndice). De acordo com a literatura, é recomendável que a maior parte das associações lineares entre as variáveis tenha significância estatística, e segundo esse critério, apenas o questionário 3 mostrou linearidade aquém do desejado, mas isso não representa uma restrição severa à realização de uma análise fatorial exploratória. Finalmente, nenhum questionário revelou problemas com relação ao pressuposto da colinearidade – as correlações bivariadas foram sempre inferiores a 0,9 e os valores de Fator de Inflação da Variância (VIF) inferiores a 3,0 (sendo que valores inferiores a 10,0 já

poderiam ser tolerados). Logo, foi possível inferir a existência de baixa multicolinearidade para os três instrumentos avaliados.

Ainda sobre a adequabilidade das amostras para o carregamento da análise fatorial, observou-se, para os três questionários, que todos os valores da diagonal das matrizes anti-imagem foram superiores a 0,50. Os resultados dos testes de KMO e Bartlett também reforçaram a adequabilidade dos três questionários – questionário 1: KMO = 0,65; teste de Bartlett com qui-quadrado = 306,07; gl = 120; sig. = 0,00 / questionário 2: KMO = 0,71; teste de Bartlett com qui-quadrado = 122,34; gl = 36; sig. = 0,00 / questionário 3: KMO = 0,59; teste de Bartlett com qui-quadrado = 86,94; gl = 36; sig. = 0,00.

Análise fatorial exploratória (AFE)

Com relação ao número de fatores extraídos, utilizando os critérios mencionados na metodologia, especialmente o critério da análise paralela, decidiu-se pela retenção de dois fatores para cada um dos questionários (Figura 1). As porcentagens de variância dos dados explicada por esses dois fatores (porcentagens cumulativas) são: 42,2%, 55,1% e 47,1%, para os questionários 1, 2 e 3, respectivamente. Após o procedimento de rotação, os questionários apresentaram a solução fatorial mostrada na Tabela 3.

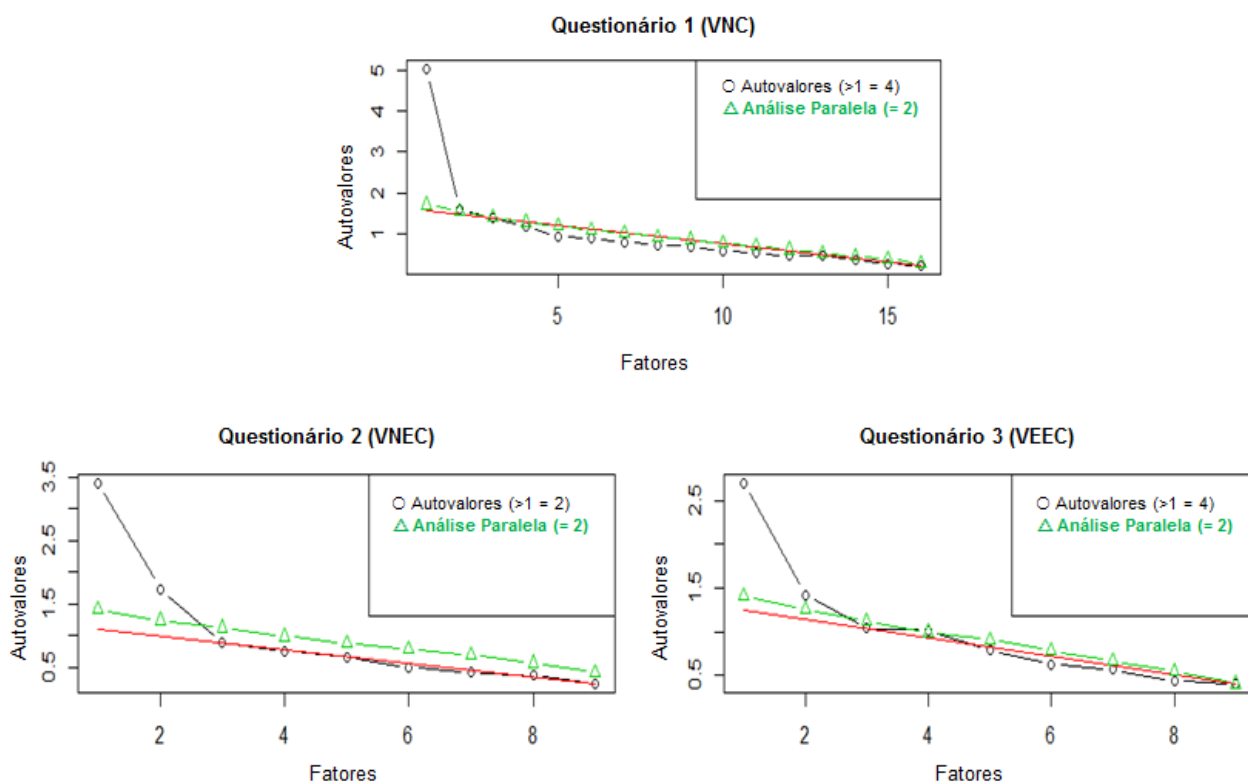


Figura 1 – Análise do *scree plot* para decisão final sobre o número de fatores a serem extraídos em cada um dos questionários. Pelo critério dos *eigenvalues*, devem ser extraídos todos os fatores com autovalores superiores a 1,0, mas pelo critério da análise paralela, devem ser extraídos apenas aqueles com valores superiores aos valores médios gerados a partir de simulações com matrizes hipotéticas-aleatórias. Nos gráficos, a linha com círculos representa os autovalores obtidos empiricamente, enquanto a linha com triângulos representa os autovalores provenientes das simulações, o que resulta em uma terceira linha, sem marcadores, representando a solução ótima. Apenas os fatores acima da linha da solução ótima foram extraídos (dois fatores em cada questionário).

Assim, o questionário 1 teve seus 16 itens divididos da seguinte maneira: itens 9, 8, 20, 13, 12, 7, 11, 6, 4 e 10 associados mais fortemente ao primeiro fator, pois esses itens mostram cargas fatoriais mais altas nessa dimensão, e itens 1, 19, 2, 16, 3 e 23 ao segundo fator. No questionário 2, os itens 8, 1, 11, 6 e 9 mostram-se mais associados ao primeiro componente, e os itens restantes – 7, 10, 13 e 12 – ao segundo componente. E no questionário 3, o primeiro fator está mais relacionado aos itens 11, 8, 15 e 7, enquanto o segundo fator aos itens 5, 4, 14, 20 e 3 (Tabela 3).

Tabela 3 – Soluções fatoriais rotacionadas para os três questionários. As cargas fatoriais indicam quais variáveis observadas (itens do questionário) estão mais fortemente relacionadas a cada variável latente extraída (fatores retidos). A extração dos fatores foi feita pelo método de componentes principais e a rotação pelo método ortogonal Varimax. As cargas fatoriais não apresentadas são cargas com valor inferior a 0,10.

Solução fatorial para o questionário 1 (VNC)			Solução fatorial para o questionário 2 (VNEC)			Solução fatorial para o questionário 3 (VEEC)		
Item	Fator 1	Fator 2	Item	Fator 1	Fator 2	Item	Fator 1	Fator 2
	Cargas fatoriais	Cargas fatoriais		Cargas fatoriais	Cargas fatoriais		Cargas fatoriais	Cargas fatoriais
q9	0,73	--	q8	0,79	0,13	q11	0,64	0,12
q8	0,62	--	q1	0,69	0,28	q8	0,63	0,17
q20	0,54	0,14	q11	0,61	0,16	q15	0,57	--
q13	0,49	0,33	q6	0,58	--	q7	0,33	0,12
q12	0,48	0,31	q9	0,38	0,28	q5	0,21	0,73
q7	0,48	0,46	q7	0,22	0,89	q4	--	0,66
q11	0,41	0,20	q10	0,13	0,72	q14	0,22	0,44
q6	0,40	0,35	q13	0,11	0,60	q20	0,30	0,41
q4	0,38	0,18	q12	--	0,51	q3	--	0,25
q10	0,36	0,28						
q1	0,28	0,74						
q19	0,30	0,71						
q2	0,31	0,55						
q16	0,21	0,50						
q3	0,13	0,39						
q23	-0,15	0,34						

Analisando os subconjuntos de itens formados para o questionário 1, os seus dois fatores foram nomeados de: “Fator 1. Empirismo e indutivismo no método científico” e “Fator 2. Neutralidade da ciência” (Tabela 4).

Tabela 4 – Nomeação dos fatores do questionário 1 em função dos itens agrupados pela análise fatorial.

Questionário 1. VNC – Visões sobre a Natureza da Ciência	
Nomeação:	Itens do questionário:
Fator 1.	9. A ordem de etapas do método científico é: 1º) Observação, 2º) Levantamento de hipóteses, 3º) Coleta de dados, 4º) Elaboração de teorias e ou leis.
Empirismo e indutivismo no método científico	8. Pesquisas científicas revelam algumas verdades sobre o mundo natural.

20. Leis científicas são mais importantes que teorias científicas.
13. Se uma teoria é provada, ela se torna uma lei científica.
12. Experimentos são procedimentos capazes de provar que uma explicação científica é verdadeira.
7. Dados científicos são dados quantitativos (dados mensuráveis, que podem ser convertidos em números).
11. Conhecimento científico é aquilo que é passível de comprovação experimental.
6. A lógica do trabalho científico exige separar a natureza em objetos de estudo menores e passíveis de análise, de modo a estudar cada “parte” para compreender o “todo”.
4. Existe um método geral/universal para produzir conhecimento científico.
10. O produto da pesquisa é a formulação de leis científicas (leis universais).

Fator 2.

Neutralidade da ciência

1. A ciência é isenta de interesses/valores sociais, culturais.
19. Conhecimentos científicos, uma vez estabelecidos e consolidados, são definitivos.
2. A ciência trabalha com o conhecimento isento de aspectos subjetivos e emocionais.
16. Dados ou evidências científicas são fatos incontestáveis.
3. Criatividade e imaginação comprometem a objetividade e racionalidade da ciência.
23. A observação e o desenvolvimento de uma investigação científica são orientados por teorias prévias (hipóteses, metas pré-estabelecidas) sobre aquilo que se quer investigar.

O primeiro fator recebeu esse título por descrever um método científico que invariavelmente: começa com a observação; exige experimentação (capaz de produzir provas irrefutáveis sobre as verdades do mundo); e culmina com a descoberta de leis universais. Já o segundo fator esteve mais relacionado a alegações em defesa de uma ciência completamente “descontaminada” de subjetividades, uma ciência que lida com dados, observações e resultados tidos como “puros”, absolutamente objetivos, e portanto, inquestionáveis e invariáveis (ao invés de conjecturas).

Analisando a solução fatorial do questionário 2, os dois fatores extraídos foram nomeados de: “Fator 1. Caracterização afirmativa dos objetivos da ecologia profissional” e “Fator 2. Caracterização negativa da metodologia da ecologia profissional”. O primeiro fator recebeu esse rótulo por agrupar asserções que definem a ecologia por meio de características que estariam presentes nessa ciência (frases afirmativas do tipo: “a ecologia é...”, “as pesquisas ecológicas são...”, “a atuação do ecólogo tem que ser...”), e também por caracterizá-la a partir daquilo que seriam seus objetivos centrais: a preservação ambiental (realizar o manejo de recursos naturais), e o estudo holístico-integrativo da natureza (fazer estudos de caso amplos e exploratórios voltados unicamente para descrições qualitativas da natureza). Já o segundo fator recebeu seu título por agrupar alegações que definem a ecologia por meio de aspectos que estariam ausentes (frases negativas do tipo: “a ecologia não permite...”, “seus procedimentos não incluem...”) na metodologia dessa ciência, tais como: levantamento de hipóteses, realização de experimentos, construção de generalizações, leis, modelagens matemáticas (Tabela 5).

Tabela 5 – Nomeação dos fatores do questionário 2 em função dos itens agrupados pela análise fatorial.

Questionário 2. VNEC – Visões sobre a Natureza da Ecologia

Nomeação:

Itens do questionário:

Fator 1.

Caracterização dos afirmativa

8. Os estudos ecológicos exigem a análise conjunta de todas as variáveis relacionadas aos seres vivos e seus ambientes para compreender a natureza em sua totalidade/integralidade.

objetivos ecologia profissional	da	<p>1. A atuação do ecólogo exige o trabalho com ações práticas e concretas de manejo e conservação (preservação ambiental).</p> <p>11. Os resultados da pesquisa em ecologia são descrições ou explicações daquilo que é registrado no momento e local específicos da investigação (são estudos de caso sobre as realidades locais).</p> <p>6. Por lidar com objetos de estudo complexos, o trabalho na ecologia é amplo e exploratório.</p> <p>9. Nas pesquisas em ecologia, os dados são qualitativos (dados do tipo: “o que, onde, quando, como e por quê?”).</p>
Fator 2.		7. As pesquisas em ecologia impossibilitam o estabelecimento de metas e hipóteses (teorias prévias) antes das saídas e observações de campo.
Caracterização negativa metodologia ecologia profissional	da	<p>10. Dada a complexidade dos fenômenos que estuda, a pesquisa em ecologia impossibilita a formulação de equações ou modelos matemáticos para esses fenômenos.</p> <p>13. Dada a interconexão ou interdependência das variáveis ambientais relacionadas aos fenômenos ecológicos, a pesquisa em ecologia impossibilita a realização de experimentos.</p> <p>12. Como os fenômenos ecológicos dependem de muitas particularidades (variáveis ambientais locais), a pesquisa em ecologia impossibilita a formulação de generalizações sobre esses fenômenos.</p>

Finalmente, analisando o questionário 3, os dois fatores extraídos foram chamados de: “Fator 1. Obstáculos epistêmicos para o ensino de ecologia” e “Fator 2. Objetivos e abordagens didáticas para o ensino de ecologia”. O primeiro fator recebeu esse nome por envolver asserções que caracterizam algumas dificuldades envolvidas na construção de conhecimento ecológico em sala de aula: o fato dessa disciplina depender de muitos pré-requisitos e estar vinculada a uma organização curricular pré-definida (linear e fragmentada) e ao desenvolvimento de um repertório menor de práticas epistêmicas. Já o segundo fator recebeu seu título por agrupar alegações que definem as principais finalidades do ensino de ecologia e as estratégias que deveriam ser privilegiadas para atingir tais fins: seus propósitos como sendo fortemente vinculados à educação ambiental (priorizar temas socioambientais, em detrimento de questões científicas, visando à adoção, por parte dos alunos, de hábitos sustentáveis), e suas abordagens didáticas como pautadas no trabalho de campo e trabalho com informações qualitativas (Tabela 6).

Tabela 6 – Nomeação dos fatores do questionário 3 em função dos itens agrupados pela análise fatorial.

Questionário 3. VEEC – Visões sobre o Ensino de Ecologia	
Nomeação:	Itens do questionário:
Fator 1.	11. Aulas investigativas, que usam problematizações, exigem um acúmulo prévio de conceitos da área.
Obstáculos epistêmicos para o ensino de ecologia	<p>8. O ensino de ecologia é mais significativo quando organizado respeitando a divisão dos níveis hierárquicos da biologia (organismo → população → comunidade → ecossistema → biosfera), e tratando os conteúdos separadamente e nessa ordem, do nível de menor complexidade para o de maior. Por exemplo, deve-se ensinar os conceitos associados ao estudo do “organismo”, para depois passar ao tópico (nível) posterior, que é “população”, e assim por diante.</p> <p>15. A aula de ecologia tem menor potencial (quando comparada a outras disciplinas da biologia) para ensinar habilidades como: levantar hipóteses, fazer previsões/previsões sobre o fenômeno, construir relações de causalidade, fazer generalizações.</p> <p>7. A ecologia é efetivamente ensinada quando os alunos já adquiriram um bom</p>

repertório de muitos conceitos (conhecimentos prévios) de outras áreas da biologia.

<p>Fator 2.</p> <p>Objetivos e abordagens didáticas para o ensino de ecologia</p>	<p>5. A aprendizagem da ecologia é avaliada pela capacidade do aluno de emitir opinião sobre problemas socioambientais.</p> <p>4. A aprendizagem da ecologia é avaliada pela mudança de ações/hábitos do aluno voltada para uma relação mais saudável, sustentável entre a sociedade e o meio ambiente.</p> <p>14. O ensino de ecologia é voltado para informações qualitativas, ou seja, para respostas do tipo: “o que, onde, como e por quê?”.</p> <p>20. O trabalho de campo (por exemplo, visitas a alguns biomas ou ecossistemas) é imprescindível para o ensino de ecologia.</p> <p>3. Temas estritamente científicos (e não sociais ou socioambientais) são mais distantes das demandas de formação dos alunos enquanto cidadãos críticos.</p>
--	--

A seguir (Tabela 7) é apresentada a matriz de correlações entre os escores fatoriais para todos os fatores dos três questionários.

Tabela 7– Matriz de correlações entre os fatores dos três questionários. A tabela mostra os coeficientes de Pearson (r) e seus respectivos p-valores. As correlações com significância estatística no nível de 5% ($p < 0,05$) estão marcadas em negrito.

	F1.VNC <i>Método Científico</i>	F2.VNC <i>Neutralidade da Ciência</i>	F1.VNEC <i>Objetivos da Ecologia</i>	F2.VNEC <i>Metodologia da Ecologia</i>	F1.VEEC <i>Obstáculos para o Ensino</i>
F2.VNC <i>Neutralidade da Ciência</i>	0,160p = 0,168				
F1.VNEC <i>Objetivos da Ecologia</i>	0,276 p = 0,016	0,447 p = 0,000			
F2.VNEC <i>Metodologia da Ecologia</i>	0,566 p = 0,000	0,250 p = 0,029	0,071 p = 0,543		
F1.VEEC <i>Obstáculos para o Ensino</i>	0,313 p = 0,006	0,159 p = 0,170	0,022 p = 0,848	0,615 p = 0,000	
F2.VEEC <i>Abordagens de Ensino</i>	0,390 p = 0,001	0,558 p = 0,000	0,543 p = 0,000	0,286 p = 0,012	0,152 p = 0,190

Não foram significativas apenas as correlações entre fatores de um mesmo questionário, e as correlações entre “F2 VNC” e “F1 VEEC”, e entre “F1 VNEC” e “F1 VEEC”. A ausência de correlação entre fatores de um mesmo questionário era esperada devido à geração de fatores ortogonais pelo método das componentes principais e da rotação Varimax. Assim, a maior parte das correlações entre fatores de diferentes questionários mostrou-se significativa, o que sugere que as concepções sobre um determinado construto (por exemplo, sobre a epistemologia da ciência em geral) não são completamente independentes das concepções sobre os outros construtos (epistemologia da ecologia profissional e do ensino de ecologia). Essa interdependência é particularmente observada entre os pares de fatores que exibiram coeficientes de maior magnitude ($r > 0,5$): i) fator 1 do primeiro questionário e fator 2 do segundo questionário – ambos sobre “Metodologia científica”; ii) fatores “Neutralidade da ciência” e “Abordagens para o ensino de ecologia”; iii) “Objetivos da ecologia profissional” e “Abordagens para o ensino de ecologia”; e iv) “Metodologia da ecologia profissional” e “Obstáculos para o ensino de ecologia”. Portanto, esses pares

de fatores apresentam correlações mais fortes, enquanto os demais possuem um menor grau de dependência estatística linear, mas ainda assim com significância estatística.

Essas correlações mais fortes permitem algumas reflexões e inferências. Por exemplo, visões limitadas dos professores sobre aspectos metodológicos da ciência em geral talvez possam explicar parcialmente as visões limitadas que estes também possuem sobre a metodologia dentro de uma área científica em particular, neste caso, a ecologia. Talvez seja a visão muito reducionista (empírico-indutivista) sobre as outras ciências (“*hard science*”) que leve os professores a pensar que a ecologia detém uma metodologia muito diferenciada, dotada de menor rigor e cientificidade, pelo fato dela não se restringir a abordagens experimentais e não culminar com a elaboração de leis universais. Por outro lado, visões epistemológicas mais atualizadas concordariam que a ecologia não é tão diferenciada assim, uma vez que não existe um método científico universal, e que nenhuma ciência é dotada de etapas tão rígidas e invariáveis – dotada de uma metodologia exclusivamente analítica, experimental e indutivista.

A compreensão sobre os objetivos da ecologia profissional, por sua vez, parece ter relação com o modo como os professores concebem as abordagens para ensinar ecologia. Assim, entender que o objetivo dos ecólogos é a realização (direta / ativa) do manejo e conservação do meio ambiente, a partir de um “olhar” holístico sobre a natureza, pode ser o construto que ajuda a legitimar os posicionamentos dos professores em defesa de um ensino de ecologia mais voltado para a educação ambiental – para o trabalho com temas socioambientais (e não temas científicos) e conteúdos atitudinais visando à adoção de hábitos sustentáveis pelos alunos.

Por fim, podemos pensar na relação entre as concepções sobre o método como os ecólogos produzem conhecimento, e os aspectos que os professores avaliam como constituindo obstáculos epistêmicos à construção de conhecimento ecológico pelos alunos em sala de aula. A tendência de achar que a ecologia profissional lida com fenômenos muito mais complexos (para submeter à experimentação, teste de hipóteses, modelagem e generalizações) poderia então estar associada à tendência de defender que é mais difícil trabalhar conteúdos ecológicos com os alunos, e que muitos conhecimentos prévios (pré-requisitos) são necessários.

Análise da consistência interna

Com relação ao teste de consistência interna (ou teste de confiabilidade), os três questionários mostraram coeficientes alfa de Cronbach razoáveis – fatores 1 e 2 do primeiro questionário: 0,80 e 0,72, respectivamente; fatores 1 e 2 do segundo questionário: 0,76 e 0,78, respectivamente; fatores 1 e 2 do terceiro questionário: 0,62 e 0,64, respectivamente. Conforme explicitado na metodologia, o alfa deve ser calculado apenas para escalas unidimensionais, ou seja, conjuntos de itens medindo uma única dimensão latente, e por isso cada questionário teve dois coeficientes calculados (um para cada fator). A exclusão de nenhum item revelou aumento desses coeficientes e, portanto, nenhuma purificação das escalas foi necessária. Então, podemos concluir que os questionários mostraram-se ferramentas confiáveis.

Caracterização das concepções epistemológicas dos professores

O gráfico a seguir (Figura 2) representa os grupos formados após a análise de agrupamento do tipo hierárquica voltada para a caracterização do desempenho dos professores no questionário 1 (“Visões sobre a Natureza da Ciência”). Para todos os questionários, a similaridade/dissimilaridade entre os participantes foi inferida a partir dos seus respectivos escores fatoriais, o que permitiu segregar melhor grupos com perfis distintos. Isso resultou em uma interpretação mais parcimoniosa e com maior poder discriminante, uma vez que o desempenho dos sujeitos pôde ser mapeado especificamente em função das dimensões latentes extraídas pela análise fatorial (apenas duas variáveis: o fator 1, representado no eixo horizontal; e o fator 2, no eixo vertical).

No sistema de escores utilizado, escores menores representam uma visão mais atualizada do empreendimento científico (escores menores são obtidos quando os professores discordam dos itens do questionário que defendem uma ciência neutra e exclusivamente empírico-indutivista). Logo, interpretando os resultados da análise de agrupamento, podemos dizer que o grupo 1 é aquele com a percepção mais sofisticada sobre a ciência profissional, pois ele possui menor pontuação tanto no primeiro quanto no segundo fator. O contrário é válido para o grupo 4, que por incluir sujeitos com os maiores escores nos dois fatores, pode ser interpretado como aquele que possui as concepções mais tradicionais/ingênuas sobre a natureza da ciência (Figura 2). Nesse grupo, estão professores que tendem a concordar mais facilmente com a ideia de que a ciência é isenta de subjetividade (em qualquer fase da pesquisa, desde a coleta e tratamento dos dados até a proposição das conclusões, generalizações, teorias, leis), e capaz de

provar/revelar as verdades do mundo a partir da aplicação de um método universal e infalível e “puramente” experimental.

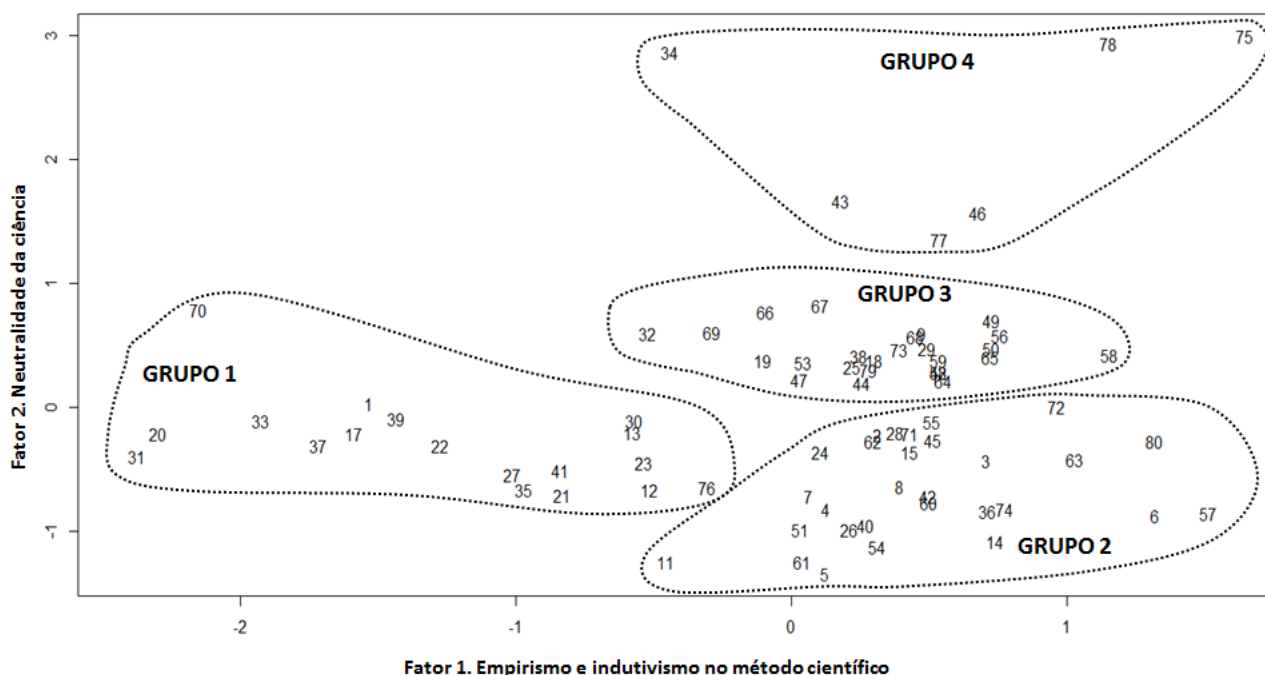


Figura 2 – Mapa perceptual dos professores com relação ao construto do questionário 1 (VNC). O gráfico mostra a posição dos sujeitos (marcados por números de 1 a 80) em função dos seus escores em cada fator extraído pela análise fatorial (eixos horizontal e vertical), e demarca quais os grupos formados pela análise de agrupamento. Sujeitos dentro de um mesmo grupo apresentam maior similaridade, entre si, em termos de percepção sobre o construto investigado. A análise foi feita pelo método de Ward utilizando a distância euclidiana como medida de dissimilaridade.

Já os grupos 2 e 3 (principalmente o 2) abarcam sujeitos com concepções parcialmente equivocadas. Essas concepções envolvem um reconhecimento adequado da natureza da ciência na segunda dimensão (eixo vertical que trata da neutralidade da ciência e onde os escores são relativamente baixos), mas uma falta de reconhecimento sobre determinados aspectos epistemológicos presentes na primeira dimensão (eixo horizontal referente ao empirismo e indutivismo no método científico, onde os escores mostram-se relativamente altos).

Com relação ao construto do questionário 2 (“Visões sobre a Natureza da Ecologia”), também podemos destacar a presença de: um grupo com concepções mais atualizadas – o grupo 1, que obteve os menores escores nos dois fatores; um grupo com concepções fortemente equivocadas – o grupo 4, demonstrando os maiores escores nos dois fatores; e grupos com concepções limitadas em apenas uma das dimensões epistemológicas tratadas – grupos 2 e 3, que apresentaram escores altos apenas no segundo fator (Figura 3). Os mapas perceptuais referentes ao primeiro e segundo questionários ilustram nossas considerações sobre a forte relação entre o fator “Empirismo e indutivismo no método científico” (fator 1 do questionário 1 – VNC) e o fator “Caracterização da metodologia da ecologia” (fator 2 do questionário 2 – VNEC). É possível observar que tanto para ciência em geral, quanto para a ecologia, a dimensão referente à “metodologia” do empreendimento científico é aquela na qual a maioria dos participantes (composta pelos grupos 2 e 3) demonstra compreensões epistemológicas limitadas/desatualizadas. Assim, a dificuldade dos professores de avaliar e se posicionar frente a esses fatores (ambos sobre metodologia) mostrou-se fortemente correlacionada.

O grupo 1 é formado por professores que reconhecem a ecologia como uma ciência que não objetiva estudos similares àqueles da história natural do início do século passado (fator 1). Eles também tendem a discordar mais facilmente: i) da inexistência de metas, hipóteses e teorias prévias nas investigações da ecologia; ii) da impossibilidade de formulação de modelos matemáticos e generalizações

para explicar os fenômenos ecológicos; e iii) da impossibilidade de realização de experimentos na ecologia (fator 2). Logo, esses sujeitos parecem possuir uma concepção mais atualizada e menos equivocada sobre a atividade dos ecólogos profissionais (Figura 3).

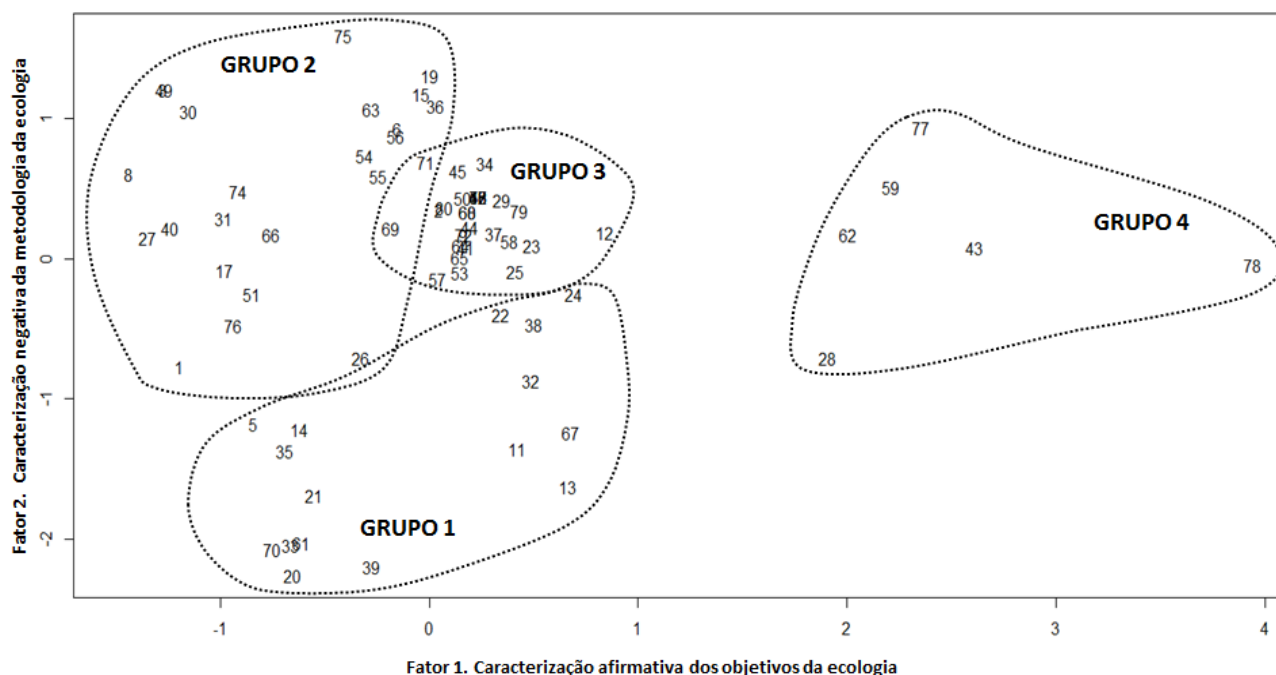


Figura 3 – Mapa perceptual dos professores com relação ao construto do questionário 2 (VNEC). O gráfico mostra a posição dos sujeitos (marcados por números de 1 a 80) em função dos seus escores em cada fator extraído pela análise fatorial (eixos horizontal e vertical), e demarca quais os grupos formados pela análise de agrupamento. Sujeitos dentro de um mesmo grupo apresentam maior similaridade, entre si, em termos de percepção sobre o construto investigado. A análise foi feita pelo método de Ward utilizando a distância euclidiana como medida de dissimilaridade.

Já no grupo 4 estão os participantes que tendem a afirmar mais facilmente que o objetivo da ecologia é a preservação ambiental (a realização ativa de manejo do meio ambiente), e o desenvolvimento de um “olhar” predominante holístico e qualitativo sobre o mundo (fator 1). Eles também acreditam que os fenômenos ecológicos, por serem muito complexos, não permitem a realização de experimentos e a construção de teorias, modelos matemáticos, generalizações (fator 2) (Figura 3). Essa percepção parece mais atrelada à vertente filosófica que ressalta a existência de uma cultura bem peculiar dentro da ecologia, a cultura holística. Essa ideia de poder compreender apenas o que é registrado no momento e local específicos da investigação e de que é necessário analisar o ambiente em sua totalidade parece uma crença típica de quem aproxima a ecologia muito mais da lógica dos naturalistas do que da epistemologia de grande parte das outras ciências. Além disso, é um equívoco entender o ecólogo não como aquele que estuda, mas sim como aquele que gerencia o meio ambiente, que toma as decisões e ações práticas. Desse modo, no grupo 4 predomina um perfil de concepções epistemológicas ingênuas sobre a ecologia profissional, concepções marcadas por uma imagem fortemente “naturalista/ambientalista” dessa ciência.

No questionário 3 (“Visões sobre o Ensino de Ecologia”), também observamos dois perfis de concepções epistemológicas bem distantes, representados pelos grupos 1 e 4 (Figura 4). No grupo 4 estão os professores que tendem a concordar mais facilmente com a ideia de que o ensino de ecologia depende de muitos pré-requisitos, ou seja, que seus conteúdos só devem ser trabalhados após os alunos dominarem uma série de outros conceitos da biologia (fator 1). Esse é um posicionamento que denota uma visão mais tradicional de ensino, em defesa de um currículo mais fragmentado e linearizado, e não uma visão mais atual que defende a ecologia como “ponto de partida” (eixo integrador) dos conteúdos biológicos. Além disso, esses indivíduos defendem de maneira mais marcante que temas estritamente científicos não atendem as finalidades de uma aula de ecologia, e que as atividades realizadas em sala devem priorizar o trabalho com dados qualitativos (fator 2). São professores com uma forte tendência a concordar que o trabalho de campo é imprescindível para ensinar ecologia, e que a aprendizagem dos conteúdos ecológicos deve ser avaliada pela forma como os alunos relacionam-se com o meio ambiente (se eles possuem hábitos sustentáveis ou não). Trata-se de uma visão que acaba confundindo ecologia com algumas perspectivas (simplistas) de educação ambiental.

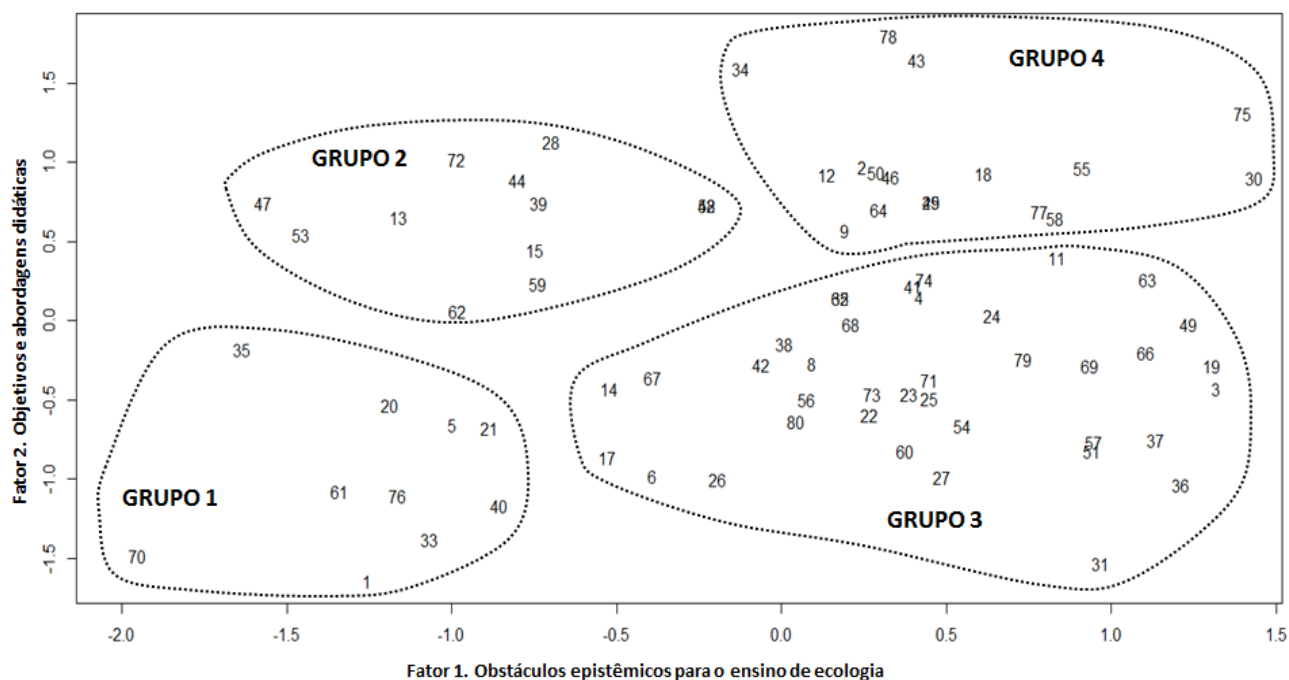


Figura 4 – Mapa perceptual dos professores com relação ao construto do questionário 3 (VEEC). O gráfico mostra a posição dos sujeitos (marcados por números de 1 a 80) em função dos seus escores em cada fator extraído pela análise fatorial (eixos horizontal e vertical), e demarca quais os grupos formados pela análise de agrupamento. Sujeitos dentro de um mesmo grupo apresentam maior similaridade, entre si, em termos de percepção sobre o construto investigado. A análise foi feita pelo método de Ward utilizando a distância euclidiana como medida de dissimilaridade.

Já o grupo 1, pela posição que ocupa no gráfico (Figura 4), denota um perfil contrário a este demonstrado pelo grupo 4, apresentando concepções mais sofisticadas do ensino de ecologia. Os grupos 2 e 3 apresentam compreensões epistemológicas parcialmente equivocadas (concepções ingênuas em um dos eixos).

Como apresentado na introdução, visões desatualizadas sobre determinados aspectos da ecologia escolar podem constituir um grande obstáculo à renovação do ensino dessa disciplina. Assim, devemos refletir sobre algumas visões inadequadas demonstradas pelos professores e questionar se eles concebem a ecologia como realmente voltada a preparar o aluno para resolver problemas científicos por meio do pensamento ecológico, ou como uma disciplina muito mais a serviço de uma “educação ambiental”. Infelizmente, essa confusão é frequente, e remete ao próprio desenvolvimento histórico da ciência ecologia.

O fato de um aluno não desperdiçar água, não poluir as ruas da cidade, reciclar seu lixo, não pode ser tomado como sinônimo ou indicador da aprendizagem de conteúdos científicos ecológicos, primeiro porque os objetivos e conteúdos (conceituais, procedimentais e atitudinais) centrais de uma aula de ecologia são outros, e não se restringem à relação homem-natureza e ao cotidiano do aluno, e segundo porque o comportamento de um indivíduo (seus hábitos e posturas) perante o meio ambiente é determinado por incontáveis variáveis socioculturais que podem não ter nenhuma relação com “aquilo que é aprendido nas aulas de ecologia”.

Outro ponto que poderíamos questionar é se os professores (que defendem uma ecologia mais qualitativa) compreendem a importância do trabalho com dados numéricos e linguagem matemática dentro da sala de aula (isso para qualquer disciplina científica), já que estes são elementos fundamentais da cultura científica.

Finalmente, é importante destacar a valorização excessiva, por parte de muitos professores, do potencial do trabalho de campo para ensinar ecologia. Esse pode representar outro posicionamento ingênuo, pois o que determina experiências de ensino-aprendizagem significativas não são os espaços físicos onde elas ocorrem, nem os materiais e instrumentos disponíveis, mas os propósitos didáticos e

epistemológicos do professor e o tipo de mediação que ele realiza. Dependendo da abordagem didática utilizada, uma aula realizada no jardim botânico da cidade pode se tornar tão expositiva e transmissiva quanto àquelas realizadas tradicionalmente dentro da sala de aula (apenas com o livro didático, lousa e giz). Além disso, a falta de recursos para levar os alunos a campo não pode ser usada como “desculpa” para ensinar uma ecologia aquém daquela prevista pelo currículo e pelos referenciais que preconizam uma educação científica de qualidade.

Resumidamente, podemos dizer que muitos respondentes mostraram uma visão distorcida sobre o construto do questionário 3, visão também contaminada (assim como no questionário 2) por uma imagem naturalista/ambientalista da ecologia.

Foi possível notar certa correspondência entre o desempenho dos participantes nos diferentes questionários, reforçando nossas considerações sobre a interdependência entre os construtos investigados. Dos professores com o melhor desempenho (grupo 1) no questionário 3, 70% corresponde a sujeitos que também demonstraram melhor desempenho no questionário 2, ou 50% corresponde a sujeitos com melhor desempenho nos outros dois questionários (tanto no questionário 2 como no 1). Isso sugere que professores com percepções mais sofisticadas sobre a epistemologia da ciência e ecologia profissionais tendem a ter percepções mais atualizadas também sobre o ensino de ecologia. O contrário também parece válido, já que 100% dos respondentes com o pior desempenho (grupo 4) no questionário sobre a natureza da ciência, e 50% com o pior desempenho no questionário sobre a natureza da ecologia, configuram entre aqueles com as concepções mais equivocadas sobre o ensino de ecologia.

Outro resultado interessante é que a grande maioria dos respondentes com as concepções epistemológicas mais sofisticadas são professores com pós-graduação (*stricto sensu* ou *lato sensu*) na área de educação ou ensino de ciências – 50% dos sujeitos do grupo 1 no questionário 1; 68,8% do grupo 1 no questionário 2; e 70% do grupo 1 no questionário 3. Esses números revelam-se ainda mais expressivos, se considerarmos que do total de participantes com pós-graduação nessas áreas – 21 professores –, 15 deles configuram pelo menos uma vez (ou seja, em pelo menos um questionário) no grupo com as concepções mais atualizadas (grupo 1). Dos cinco respondentes que ficaram dentro do grupo 1 nos três questionários, quatro são profissionais com pós-graduação na área do ensino de ciências. Assim, esses cursos de pós-graduação parecem contribuir para visões mais adequadas sobre a construção do conhecimento científico.

CONCLUSÕES

Os três questionários foram validados tanto com relação ao conteúdo, quanto à estrutura interna. A construção e a validação de novas ferramentas para pesquisas epistemológicas no contexto educacional mostram-se extremamente importantes, e são poucos os trabalhos na área que realizam um processo de validação estatística, utilizando a análise fatorial e a análise de consistência interna. Como a literatura aponta, existem inúmeros instrumentos disponíveis para o mapeamento de visões sobre a ciência como um todo, mas poucos voltados para a caracterização de concepções campo-dependentes, ou seja, concepções sobre áreas específicas da ciência, como a ecologia, que configura entre aquelas que têm recibo menor atenção dos pesquisadores. Além de um questionário abrangendo a epistemologia formal (profissional) de um campo específico, propomos outro, relacionado à epistemologia do conhecimento escolar dentro desse campo, iniciativa também apontada como fundamental na literatura (Sandoval, 2005). Assim, defendemos a relevância de ampliar esforços como o do presente estudo. Apontamos para a necessidade tanto de investigações envolvendo outros instrumentos e abarcando outras disciplinas científicas, quanto de pesquisas futuras dispostas a aplicar os nossos questionários em outros contextos. A primeira possibilidade permitiria estender esses estudos para outros campos e enriquecer essa discussão sobre as epistemologias domínio-dependentes, enquanto a segunda é fundamental para ampliar e refinar o processo de validação dos nossos instrumentos, oferecendo mais dados sobre o potencial destes na caracterização dos construtos de interesse.

Pela análise fatorial, foi possível mensurar a dimensionalidade dos construtos abarcada por cada questionário, ou seja, caracterizar quais aspectos ou dimensões da epistemologia da ciência em geral, da epistemologia da ecologia e do ensino de ecologia foram efetivamente alvo de avaliação dos professores durante a resolução dos questionários. Em outras palavras, foi possível avaliar, por meio de critérios estatísticos, a capacidade dos nossos instrumentos de medir especificamente aquilo que se pretendia medir, o que em outras pesquisas normalmente é feito apenas de maneira qualitativa e subjetiva (análise pautada exclusivamente no conteúdo e não na estrutura interna).

A análise de agrupamento permitiu o mapeamento e a discriminação de diferentes perfis de concepções epistemológicas entre os professores, trazendo uma contribuição metodológica adicional, que é facilitar a escolha de sujeitos de pesquisa para a continuidade da investigação. Nosso próximo passo será avaliar o quanto o desempenho dos professores na realização dos questionários ajuda a prever o desempenho destes em outros contextos, ou o quanto suas epistemologias formais estão relacionadas às suas epistemologias práticas (desempenho em sala de aula). Dessa maneira, nós poderemos responder perguntas como: “professores com concepções epistemológicas mais sofisticadas dão aulas de ecologia diferentes daquelas desenvolvidas por professores com visões limitadas/ingênuas?”. Para tanto, nós precisaremos escolher esses sujeitos com perfis distintos de concepções epistemológicas, e os critérios estatísticos fornecidos pela análise de agrupamento oferecerão mais rigor e objetividade nessa escolha.

Finalmente, gostaríamos de destacar a importância de ampliarmos o diálogo entre os estudos epistemológicos e a formação de professores, e questionarmos a qualidade do ensino superior do nosso país nesse processo formativo. Como visto nos resultados, há uma predominância clara, entre os sujeitos com as concepções epistemológicas mais atualizadas, de professores com pós-graduação na área da educação e do ensino de ciências, o que sugere que as reflexões propiciadas por essa formação profissional podem estar influenciando positivamente as visões destes sujeitos sobre o empreendimento científico. Precisamos nos questionar se outros cursos de pós-graduação ou mesmo os cursos de graduação também se preocupam em desenvolver nos alunos compreensões epistemológicas mais sofisticadas sobre a ciência e suas diversas áreas.

Agradecimentos

Ao grupo de Pesquisa em Linguagem e Ensino de Ciências (grupo LINCE) pelas contribuições no processo de elaboração e validação dos questionários. Aos árbitros da revista IENCI pelas pertinentes sugestões, que com certeza contribuíram para aumentar a qualidade do artigo. Aos professores que se dispuseram a responder os questionários e participar da pesquisa. Ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Comparada da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto (USP) por apoiar a linha de pesquisa da qual fazemos parte – História, Filosofia e Ensino de Evolução e Ecologia. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo auxílio financeiro.

REFERÊNCIAS

- Abd-el-Khalick, F., & Lederman, N. (2000). Improving science teachers' conceptions of nature of science: A critical review of literature. *International Journal of Science Education*, 22(7), 665-701.
- Aikenhead, G., & Ryan, A. (1992). The development of a new instrument: Views on Science-Technology-Society (VOSTS). *Science Education*, 76(5), 477-491. DOI: [10.1002/sce.3730760503](https://doi.org/10.1002/sce.3730760503)
- Bernaards, C.A., & Jennrich, R.I. (2005). Gradient Projection Algorithms and Software for Arbitrary Rotation Criteria in Factor Analysis. *Educational and Psychological Measurement*, 65(5), 676-696. DOI: [10.1177/0013164404272507](https://doi.org/10.1177/0013164404272507)
- Cachapuz, A., Gil, D., Carvalho, A.M.P., Praia, J., & Vilches, A. (2005). *A Necessária Renovação do Ensino de Ciências*. São Paulo: Cortez.
- Cattell, R.B. (1966). The scree test for the number of factors. *Multivariate Behavioral Research*, 1(2), 245-276. DOI: [10.1207/s15327906mbr0102_10](https://doi.org/10.1207/s15327906mbr0102_10)
- Corrar, L.J., Paulo, E., & Dias Filho, J.M. (2007). *Análise multivariada*. São Paulo: Atlas.
- Cronbach, L. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, 16 (3), 297-334. DOI: [10.1007/BF02310555](https://doi.org/10.1007/BF02310555)
- Favero, L.P., Belfiore, P., Silva, F.L., & Chan, B.L. (2009). *Análise de Dados: modelagem multivariada para tomada de decisões*. Rio de Janeiro: Elsevier.

- Figueiredo Filho, D.B., & Silva Jr., J.A. (2010). Visão além do alcance: uma introdução à análise fatorial. *Opinião Pública*, 16(1), 160-185. DOI: [10.1590/S0104-62762010000100007](https://doi.org/10.1590/S0104-62762010000100007)
- Gil-Pérez, D., Fernández Montoso, I., Carrascosa Alís, J., Cachapuz, A., & Praia, J. (2001). Para uma imagem não-deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação*, 7(2), 125-153.
- Günther, H. (2003). *Como elaborar um questionário. Série: Planejamento de Pesquisa nas Ciências Sociais*. Brasília: UnB, Laboratório de Psicologia Ambiental. Recuperado de <http://www.psi-ambiental.net/pdf/01Questionario.pdf>
- Guttman, L. (1954). Some necessary conditions for common factor analysis. *Psychometrika*, 19(2), 149-162. DOI: [10.1007/BF02289162](https://doi.org/10.1007/BF02289162)
- Hair Jr., J.F., Anderson, R.E., Tatham, R.L., & Black, W.C. (2005). *Análise multivariada de dados*. Porto Alegre: Bookman.
- Hair Jr., J.F., Black, W.C., Babin, B.J., Anderson, R.E., & Tatham, R.L. (2009). *Análise multivariada de dados*. Porto Alegre: Bookman.
- Holling, C.S. (1998). Two cultures of ecology. *Conservation Ecology*, 2 (2), 4. DOI: [10.5751/ES-00045-020204](https://doi.org/10.5751/ES-00045-020204)
- Hora, H.R.M., Monteiro, G.T.R., & Arica, J. (2010). Confiabilidade em Questionários para Qualidade: Um Estudo com o Coeficiente Alfa de Cronbach. *Produto & Produção*, 11(2), 85-103.
- Horn, J.L. (1965). A rationale and test for the number of factors in factor analysis. *Psychometrika*, 30, 179-185.
- Jackson, C.H. (2011). Multi-State Models for Panel Data: The msm Package for R. *Journal of Statistical Software*, 38(8), 1-29. DOI: [10.18637/jss.v038.i08](https://doi.org/10.18637/jss.v038.i08)
- Johnson, R.A. (1992). *Applied Multivariate Statistical Analysis*. New Jersey: Prentice Hall.
- Kaiser, H.F. (1960). The application of electronic computers to factor analysis. *Educational and Psychological Measurement*, 20(1), 141-151. DOI: [10.1177/001316446002000116](https://doi.org/10.1177/001316446002000116)
- Keith, T. (2006). *Multiple regression and beyond*. Austin: Allyn & Bacon.
- Kuhn, D., Cheney, R., & Weinstock, M. (2000). The development of epistemological understanding. *Cognitive Development*, 15(3), 309-328. DOI: [10.1016/S0885-2014\(00\)00030-7](https://doi.org/10.1016/S0885-2014(00)00030-7)
- Laros, J.A. (2005). O uso da Análise Fatorial: Algumas Diretrizes para Pesquisadores. Em Pasquali, L. (Org.), *Análise fatorial para pesquisadores* (163-184). Brasília: LabPAM/UnB.
- Lederman, N., & O'Malley, M. (1990). Students' perceptions of the tentativeness in science: Development, use, and sources of change. *Science Education*, 74(2), 225-239. DOI: [10.1002/sci.3730740207](https://doi.org/10.1002/sci.3730740207)
- Lederman, N.G. (1992). Student's and teacher's conceptions of the nature of science: a review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 331-359. DOI: [10.1002/tea.3660290404](https://doi.org/10.1002/tea.3660290404)
- Lelis, F.R.C., Plínio, R.R.M., Spoto, R.M., & Sant'anna, A.S. (2011). Modelo dos quatro fatores: uma proposta para visualização dos esquemas conceituais em torno da atuação profissional – estudo de caso. Em XXXIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia. Blumenau, SC, Brasil. Recuperado de <http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2011/sexoestec/art1627.pdf>
- Malhotra, N.K. (2001). *Pesquisa de marketing: uma orientação aplicada*. Porto Alegre: Bookman.
- Maroco, J., & Garcia-Marques, T. (2006). Qual a fiabilidade do alfa de Cronbach? Questões antigas e soluções modernas? *Laboratório de Psicologia*, 4(1), 65-90. DOI: [10.14417/lp.763](https://doi.org/10.14417/lp.763)
- Martins, G.A. (2006). Sobre Confiabilidade e Validade. *Revista Brasileira de Gestão de Negócios*, 8(20), 1-12.

- Mattar, F. (1996). *Pesquisa de marketing*. São Paulo: Ed. Atlas.
- McComas, W.F., Almazroa, H., & Clough, M.P. (1998). The nature of science in science education: an introduction. *Science & Education*, 7(6), 511-532. DOI: [10.1023/A:1008642510402](https://doi.org/10.1023/A:1008642510402)
- McIntosh, R.P. (1986). *The background of Ecology: Concept and Theory*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Nunnally, J., & Bernstein, I. (1994). *Psychometric theory*. New York: McGraw-Hill.
- Parasuraman, A., Grewal, D., & Krishnan, R. (2006). *Exploring marketing research*. South Western College Pub.
- Pasquali, L. (2003). *Psicometria: Teoria dos testes na psicologia e na educação*. Petrópolis: Editora Vozes.
- Pickett, S.T.A., Kolasa, J., & Jones, C. (2007). *Ecological Understanding: The Nature of Theory and the theory of Nature*. Boston: Academic Press.
- Porlán, R. (1989). *Teoría del conocimiento, teoría de la enseñanza y desarrollo profesional. Las concepciones epistemológicas de los profesores*. Tesis Doctoral, Universidad de Sevilla.
- Primi, R., Muniz, M., & Nunes, C.H.S.S. (2009). Definições contemporâneas de validade de testes psicológicos. Em Hutz, C.S. (Org.), *Avanços e polêmicas em avaliação psicológica* (243-265). São Paulo: Casa do Psicólogo.
- R Core Team. (2016). A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Recuperado de <https://www.R-project.org/>
- Raiche, G. (2010). nFactors: a n R package for parallel analysis and non-graphical solutions to the Cattell scree test. R package version 2.3.3.
- Revelle, W. (2016). psych: Procedures for Personality and Psychological Research. Northwestern University, Evanston, Illinois, USA. Recuperado de <http://CRAN.R-project.org/package=psychVersion=1.6.4>
- Rizopoulos, D. (2006). ltm: a n R package for Latent Variable Modelling and Item Response Theory Analyses. *Journal of Statistical Software*, 17(5), 1-25. DOI: [10.18637/jss.v017.i05](https://doi.org/10.18637/jss.v017.i05)
- Sandoval, W.A. (2005). Understanding students' practical epistemologies and their influence on learning through inquiry. *Science Education*, 89(4), 634-656. DOI: [10.1002/sce.20065](https://doi.org/10.1002/sce.20065)
- Shieh, G. (2010). On the misconception of multicollinearity in detection of moderating effects: Multicollinearity is not always detrimental. *Multivariate Behavioral Research*, 45(3), 483-507. DOI: [10.1080/00273171.2010.483393](https://doi.org/10.1080/00273171.2010.483393)
- Spiegelberger, T., Gillet, F., Amiaud, B., Thébault, A., Mariotte, P., & Buttler, A. (2012). How do plant community ecologists consider the complementarity of observational, experimental and theoretical modelling approaches? *Plant Ecology and Evolution*, 145(1), 4-12. DOI: [10.5091/plecevo.2012.699](https://doi.org/10.5091/plecevo.2012.699)
- Tabachnick, B.G., & Fidell, L.S. (1996). *Using multivariate statistics*. California State University: HaperCollins College Publishers.
- Tabachnick, B.G., & Fidell, L.S. (2001). *Using multivariate statistics*. Boston: Allyn & Bacon.
- Tabachnick, B.G., & Fidell, L.S. (2007). *Using multivariate analysis*. Needham: Allyn & Bacon.
- Vitória, F., Almeida, L.S., & Primi, R. (2006). Unidimensionalidade em testes psicológicos: conceito, estratégias e dificuldades na sua avaliação. *Revista de Psicologia da Vetor Editora*, 7(2), 1-7.
- Wilson, B. (2009). From Laws to Models and Mechanisms: Ecology in the Twentieth Century. In *Integrated History and Philosophy of Science*, 2,12-15. Notre Dame: University of Notre Dame Press.

Recebido em: 21.09.2016

Aceito em: 09.12.2016

APÊNDICE. Matriz de correlação entre todos os itens (variáveis) de cada questionário, juntamente com as médias dos itens e seus desvios-padrão. Os coeficientes de Pearson (r) com significância estatística no nível de 5% ($p < 0,05$) estão marcados com asterisco.

Questionário 1. VNC – Visões sobre a Natureza da Ciência																
	q3	q8	q4	q19	q23	q12	q11	q2	q16	q13	q10	q7	q6	q20	q9	q1
q8	0,12															
q4	0,06	0,09														
q19	0,28*	0,24*	0,21													
q23	0,00	-0,17	0,09	0,17												
q12	0,23*	0,32*	0,28*	0,31*	-0,04											
q11	0,07	0,31*	0,24*	0,23*	0,10	0,28*										
q2	0,28*	0,14	0,33*	0,38*	0,24*	0,27*	0,23*									
q16	0,18	0,26*	0,14	0,56*	0,16	0,30*	0,11	0,30*								
q13	0,24*	0,36*	0,16	0,34*	0,08	0,40*	0,28*	0,27*	0,35*							
q10	0,39*	0,21	0,16	0,30*	-0,07	0,41*	0,18	0,25*	0,07	0,44*						
q7	0,26*	0,21	0,17	0,46*	0,07	0,40*	0,34*	0,43*	0,23*	0,37*	0,36*					
q6	0,23*	0,19	0,29*	0,34*	0,11	0,28*	0,32*	0,42*	0,16	0,13	0,18	0,43*				
q20	0,10	0,33*	0,34*	0,29*	-0,08	0,21	0,28*	0,33*	0,25*	0,28*	0,10	0,35*	0,24*			
q9	-0,04	0,51*	0,37*	0,27*	-0,06	0,26*	0,18	0,23*	0,14	0,37*	0,19	0,39*	0,38*	0,41*		
q1	0,31*	0,22	0,20	0,67*	0,19	0,34*	0,26*	0,49*	0,46*	0,39*	0,23*	0,47*	0,35*	0,19	0,30*	
Média	1,82	3,94	2,56	1,45	1,78	3,45	3,12	2,34	1,89	2,95	2,69	2,44	3,31	2,57	3,40	1,65
Desvio- Padrão	0,96	0,97	1,30	0,80	0,82	1,34	1,30	1,37	1,04	1,24	1,07	1,37	1,21	1,02	1,19	0,94

Questionário 2. VNEC – Visões sobre a Natureza da Ecologia									
	q13	q12	q6	q11	q1	q10	q8	q7	q9
q12	0,24*								
q6	0,00	0,00							
q11	0,24*	0,16	0,35*						
q1	0,28*	0,17	0,37*	0,47*					
q10	0,43*	0,40*	0,04	0,15	0,27*				
q8	0,11	0,08	0,51*	0,50*	0,54*	0,24*			
q7	0,59*	0,49*	0,11	0,25*	0,35*	0,66*	0,35*		
q9	0,19	0,15	0,09	0,27*	0,48*	0,27*	0,32*	0,29*	
Média	1,68	2,05	3,95	3,20	3,33	1,89	3,79	1,88	2,77
Desvio- Padrão	0,70	0,89	0,94	1,12	1,27	0,95	1,07	0,82	1,17

Questionário 3. VEEC – Visões sobre o Ensino de Ecologia									
	q14	q8	q15	q5	q3	q20	q4	q11	q7
q8	0,25*								
q15	0,06	0,37*							
q5	0,35*	0,24*	0,09						
q3	0,29*	-0,06	0,10	0,08					
q20	0,22	0,39*	0,17	0,36*	0,17				
q4	0,26*	0,14	0,08	0,54*	0,14	0,29*			
q11	0,24*	0,38*	0,36*	0,23*	-0,05	0,20	0,14		
q7	0,14	0,18	0,22	0,20	0,04	0,00	0,14	0,30*	
Média	3,14	2,76	1,60	3,21	2,86	3,57	3,82	3,10	2,51
Desvio- Padrão	1,07	1,24	0,77	1,09	1,19	1,15	1,00	1,20	1,06