

Avaliação do Suporte à Percepção em Ferramentas Colaborativas de Apoio ao Desenvolvimento de Software

Suelyn Concentius¹, Márcio J. Mantau¹

¹Departamento de Engenharia de Software

Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) – Ibirama, SC – Brasil

concentius.suelyn@gmail.com, marcio.mantau@udesc.br

Abstract. Agile methodologies and the growing geographic distribution of teams have driven significant transformations in the software development environment in recent decades. Collaborative tools emerge as essential solutions for optimizing processes, improving communication, and coordinating efforts between team members. Therefore, implementing effective collaborative systems becomes crucial to guarantee project productivity, quality, and success. This study seeks to evaluate the collaboration support provided by tools used in software development environments, with a special focus on users' perspectives. We assessed some collaborative environments adopted by development teams, analyzing support for contextual collaboration and shared workspace aspects. We noticed that individuals' ability to recognize and appropriate awareness mechanisms depends on their skills and familiarity with the environment.

Resumo. Metodologias ágeis e a crescente distribuição geográfica das equipes têm impulsionado grandes transformações no ambiente de desenvolvimento de software nas últimas décadas. Ferramentas colaborativas surgem como soluções essenciais para otimizar processos, melhorar a comunicação e coordenar esforços entre os membros das equipes. Dessa forma, a implementação de sistemas colaborativos eficazes se torna crucial para garantir a produtividade, a qualidade e o sucesso dos projetos. Este estudo busca avaliar o suporte à colaboração fornecido pelas ferramentas utilizadas em ambientes de desenvolvimento de software, sob a perspectiva dos usuários. Avaliamos alguns ambientes colaborativos adotados pelas equipes de desenvolvimento, analisando o suporte aos aspectos de colaboração contextual e do espaço de trabalho compartilhado. Como resultado, percebemos que a capacidade do indivíduo em reconhecer e se apropriar de mecanismos de percepção depende de suas próprias habilidades e familiaridade com o ambiente.

1. Introdução

Nota-se uma significativa evolução nas técnicas, ferramentas e abordagens utilizadas no contexto do desenvolvimento de software, especialmente com a crescente adoção de práticas ágeis e metodologias que favorecem a colaboração. Com equipes geograficamente distribuídas, a necessidade de ferramentas que suportam ambientes colaborativos tornou-se evidente. Essas ferramentas não apenas otimizam processos, mas também promovem um senso de comunidade entre os membros da equipe, essencial para enfrentar os desafios complexos do desenvolvimento contemporâneo. Neste cenário, diversas ferramentas e recursos têm sido utilizados para apoiar o desenvolvimento colaborativo de

software, tais como, plataformas de gestão de código fonte e controle de versão, ferramentas de comunicação, ou ainda, ferramentas de suporte à organização de tarefas e gerenciamento de projetos.

A colaboração eficaz entre participantes, especialmente aqueles que atuam em diferentes localizações geográficas, exige um entendimento nítido das interconexões entre as atividades. Entendemos que o processo de colaboração é a união de indivíduos ou grupos para alcançar um objetivo comum (GEORGE, 2003) e, para que esta ocorra dentro do contexto colaborativo, é necessário prover aspectos de comunicação, coordenação e cooperação (ELLIS; GIBBS; REIN, 1991). Ainda, para suportar os aspectos de colaboração, pistas/informações devem ser disponibilizadas no ambiente colaborativo, permitindo que os participantes consigam se comunicar, coordenar e cooperar. Este apoio envolve um elemento fundamental de uma abordagem colaborativa: a percepção ou *awareness* (DOURISH; BELLOTTI, 1992). A percepção é um conceito importante em Sistemas Colaborativos (TENENBERG; ROTH; SOCHA, 2016), uma parte essencial destes ambientes (GROSS, 2013). Este conceito, se refere à capacidade dos membros da equipe de estar cientes do contexto e das ações uns dos outros dentro do ambiente colaborativo. A percepção é crucial pois fornece pistas que possibilitam que todos os envolvidos se mantenham atualizados e alinhados com os objetivos propostos.

À medida que as equipes adotam sistemas colaborativos para otimizar suas interações, torna-se essencial compreender de que maneira essas ferramentas efetivamente contribuem para a eficácia e a eficiência do trabalho em conjunto. Fornecer apoio adequado à percepção, incluindo mecanismos de comunicação e coordenação tem sido um desafio de investigação desde o surgimento da área de sistemas colaborativos (DOURISH; BELLOTTI, 1992; SCHMIDT, 2002) e, o estudo dos mecanismos de percepção e a sua influência nos processos colaborativos é uma questão de investigação em aberto (MANTAU; BENITTI, 2022a; MOLINA et al., 2025).

Em uma revisão da literatura sobre programação em pares distribuída da Silva Estácio e Prikladnicki (2015), identificaram a falta de estudos empíricos que analisem a utilização de sistemas colaborativos no desenvolvimento de software e o suporte a comunicação e coordenação fornecido. Em uma revisão posterior, Silva, Mendes e Gomes (2020) destacam a necessidade de métodos de avaliação para identificar quais as características das atividades de programação em grupo e das ferramentas que as suportam mais eficazes. Neste mesmo contexto, Molina et al. (2025) investigaram como os mecanismos de comunicação, coordenação e apoio à percepção de ambientes colaborativos podem influenciar a tarefa de programação.

O foco deste estudo é avaliar como as ferramentas colaborativas oferecem suporte à percepção e, consequentemente, à colaboração sob a perspectiva do usuário. Para a condução da avaliação, adotaremos o Modelo de Avaliação da Percepção de Mantau e Benitti (2024). O modelo utiliza uma forte abordagem estatística que utiliza a Teoria de Resposta ao Item (TRI), que oferece uma abordagem robusta para mensurar características/traços latentes, como o suporte à percepção ou colaboração.

A TRI permite calibrar itens de avaliação de forma que a perspectiva dos usuários seja central, possibilitando uma análise mais precisa das variáveis que influenciam a colaboração. Essa abordagem é valiosa, uma vez que as experiências dos usuários po-

dem variar amplamente, e captar essas nuances é crucial para melhorar o suporte que os sistemas oferecem. Além disso, a literatura revela que muitos modelos existentes carecem de rigor científico e sistematicidade, resultando em avaliações superficiais.

Para Collazos et al. (2019), poucos modelos se dedicam a analisar o suporte à percepção sob a ótica do usuário, predominando modelos *ad hoc* que não oferecem testes padronizados para essa avaliação. Ao aplicar o modelo de avaliação da percepção apresentado por Mantau e Benitti (2023a, 2024), este trabalho preenche uma lacuna significativa na avaliação do suporte à colaboração em ferramentas de apoio ao desenvolvimento de software, pois possibilita uma avaliação que considera a complexidade das interações colaborativas segundo as diferentes competências dos usuários (perfis). A coleta e análise de dados sobre o suporte à colaboração nos permite identificar pontos fortes e áreas de melhoria nas ferramentas, orientando, assim, as decisões de desenvolvimento e aprimoramento das práticas colaborativas. Isso beneficia tanto as organizações em termos de eficiência e produtividade quanto serve de base para futuras inovações em sistemas colaborativos.

2. Metodologia

A metodologia deste estudo foi estruturada em duas etapas. Primeiramente, será identificado, por meio da aplicação de um formulário *online*, um conjunto de sistemas colaborativos adotados no contexto do desenvolvimento de software para o suporte à atividades de comunicação, cooperação e coordenação – modelo 3C de colaboração (FUKS et al., 2008; GUTWIN; BARJAWI; PINELLE, 2016; COLLAZOS et al., 2019). Ainda, este formulário busca identificar as principais características/funcionalidades presentes nestes sistemas e que são comumente utilizadas em atividades de apoio ao desenvolvimento de software.

Com base nos sistemas identificados, será realizada a avaliação do suporte à percepção e, consequentemente, à colaboração fornecidos sob a perspectiva do usuário. Nesta etapa será realizado um estudo de caso (WOHLIN et al., 2012; WOHLIN, 2014), utilizando-se como base o Modelo de Avaliação da Percepção, apresentado por Mantau e Benitti (2023a). Para conduzir a avaliação, nós utilizamos o processo proposto por Mantau e Benitti (2024)¹, conforme apresentado na Figura 1.

Na etapa de **Planejamento**, realiza-se as atividades relacionadas ao delineamento da avaliação, onde determina-se os objetivos da avaliação, o escopo da avaliação e o planejamento da avaliação. Em seguida, são identificadas as dimensões de percepção relacionadas que serão consideradas na avaliação e, para cada dimensão considerada, é selecionada quais categorias de design e elementos de suporte são relevantes no ambiente colaborativo. Como resultado desta etapa tem-se a definição dos objetivos e metas de avaliação, funcionalidades e elementos de suporte a serem avaliados, a construção dos artefatos de coleta de dados (questionários), e a elaboração dos fatores de qualidade a serem identificados.

¹A documentação completa do **Modelo de Avaliação da Percepção**, contendo todos os artefatos do modelo e exemplos de utilização podem ser acessados em Mantau and Benitti (2023b); A especificação completa do processo de avaliação é apresentado em Mantau and Benitti (2023, 2024).

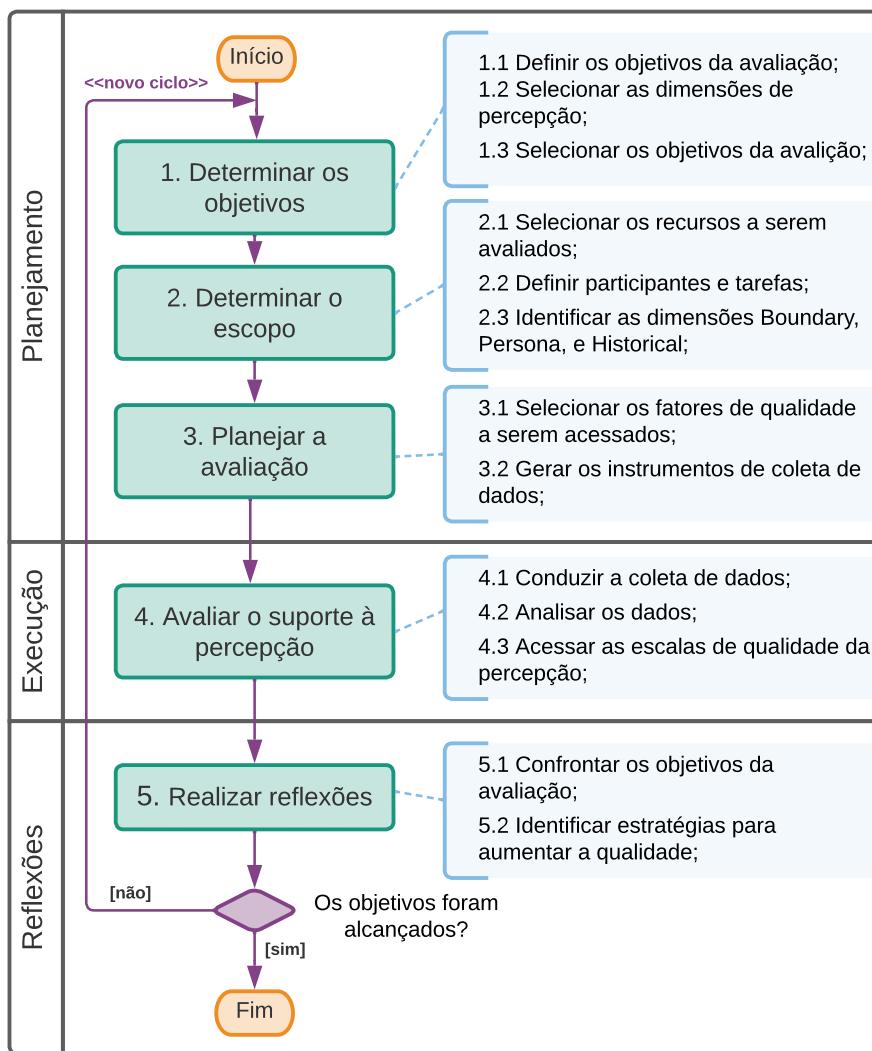


Figura 1. Processo de avaliação da percepção (MANTAU; BENITTI, 2023a)

Na etapa de **Execução**, realiza-se a avaliação por meio dos instrumentos de coleta e análise de dados. Nesta fase, o examinador realiza a avaliação de percepção do ambiente colaborativo alvo. O suporte de percepção fornecido pelo ambiente alvo é alcançado por meio de ferramentas de coleta e análise de dados. Para a etapa de análise, será utilizado a abordagem estatística da Teoria de Resposta ao Item (TRI) (SAMEJIMA, 1969; ANDRADE; TAVARES; VALLE, 2000), a qual permite avaliar traços latentes sob a perspectiva do participante (respondente). Para isso, serão utilizados os artefatos descritos no Modelo de Avaliação da Percepção, desenvolvido por Mantau e Benitti (2023a, 2024), combinado com a ferramenta de análise estatística, a saber linguagem R.

Na etapa de **Reflexão**, os principais objetivos são confrontados e a percepção dos fatores de qualidade é verificada. Caso não sejam atendidos, o examinador determina estratégias para aumentar os indicadores de qualidade dos mecanismos de percepção, e uma nova intervenção pode ser planejada. Este processo permite tanto a avaliação de ambientes colaborativos por meio de mecanismos de percepção quanto a melhoria ao incitar a reflexão sobre os resultados.

3. O Modelo de Avaliação da Percepção

O modelo de Avaliação da percepção (*Awareness Assessment Model*) comprehende um Processo de Avaliação do Suporte à Percepção e uma Visão Conceitual. A documentação completa do modelo, contendo todos os artefatos do modelo e exemplos de utilização podem ser acessados no repositório Zenodo (MANTAU; BENITTI, 2023b); O detalhamento do mapeamento sistemático e da taxonomia, estão disponíveis, respectivamente em Mantau e Benitti (2022a, 2022b); A especificação do processo de avaliação é apresentado em Mantau e Benitti (2023a, 2024).

O processo de avaliação é baseado em um conjunto de diretrizes de IHC (BARBOSA; SILVA, 2010; ROGERS; SHARP; PREECE, 2013) e foi inspirado no processo de avaliação definido pela norma ISO/IEC 25040:2011 (STANDARDIZATION, 2011). O processo de avaliação consiste em três fases principais: planejamento, execução e reflexão. Esse processo é realizado pelo pesquisador/examinador, que avalia as interfaces colaborativas analisando as informações de percepção fornecidas pela aplicação. Este processo envolve a participação de uma amostra de usuários-alvo, na qual o ambiente é avaliado por meio de ferramentas de coleta e análise de dados.

A visão conceitual consiste em um *framework* composto por:

- i) Uma taxonomia de percepção, composta por três dimensões principais, suas respectivas categorias de design e respectivos elementos ou mecanismos de suporte (MANTAU; BENITTI, 2022b);
- ii) Um protocolo de planejamento da avaliação, que representa um instrumento de planejamento e execução do processo de avaliação. Este artefato auxilia na definição dos objetivos da avaliação, fatores a serem medidos, dimensões de percepção, fases do ciclo de vida em que a avaliação será aplicada, e assim por diante (MANTAU; BENITTI, 2023b, 2024);
- iii) Um conjunto de ferramentas de coleta e análise de dados, que engloba um conjunto de artefatos de apoio à condução da coleta e compilação dos dados obtidos pelas intervenções (MANTAU; BENITTI, 2023b);
- iv) Um conjunto de medidas de avaliação e escalas de qualidade do suporte à percepção, desenvolvidas para analisar os resultados obtidos por meio de instrumentos de avaliação e classificar o ambiente colaborativo ao nível de qualidade por meio da percepção dos participantes (MANTAU; BENITTI, 2023a, 2024).

4. Estudo de Caso

O estudo de caso foi realizado em duas etapas. Primeiro, realizamos um levantamento das principais ferramentas colaborativas adotadas no contexto de desenvolvimento de software, por meio da aplicação de um questionário *online*; Em seguida, conduzimos uma avaliação do suporte à percepção e à colaboração fornecidos nestes ambientes, sob a perspectiva do usuário.

4.1. Levantamento das ferramentas

Nesta etapa, aplicou-se um questionário *online* direcionado a alunos de cursos de graduação na área de computação e profissionais de empresas de desenvolvimento de software da região do Alto Vale do Itajaí, Santa Catarina. Os participantes foram convidados a identificar quais ferramentas colaborativas utilizam em seu dia a dia e descrever as funcionalidades que consideram mais relevantes.

O questionário aplicado foi estruturado com uma seção dedicada aos dados demográficos e as demais perguntas respeitando o modelo 3C de colaboração: comunicação, coordenação e cooperação. Através dos dados demográficos coletados, foi possível identificar que os participantes da pesquisa possuem idade entre 18 e 39 anos e que ocupam cargos relacionados ao desenvolvimento de software, como analista de sistemas, QA (*Quality Assurance*) e líder técnico.

Obteve-se uma amostra de 22 participantes. Todos afirmaram que utilizam ferramentas de comunicação no desenvolvimento de software, sendo o Slack a ferramenta mais adotada, seguido das demais como Microsoft Teams, Google Meet e Discord, que também desempenham papéis essenciais. Essas ferramentas proporcionam funcionalidades como mensagens instantâneas, chamadas de vídeo e voz, bem como o compartilhamento de tela e arquivos. Em relação à coordenação, os dados apontam que 16 dos participantes (72,7%) da pesquisa utilizam ferramentas para organizar e gerenciar as demandas da equipe. O Trello se destaca como a aplicação mais utilizada, acompanhado do Jira e o ClickUp, que são responsáveis por definir, acompanhar, criar e atribuir tarefas aos membros da equipe, além de elencar a prioridade das tarefas e projetos.

Grande parte dos entrevistados utiliza ferramentas para facilitar a colaboração entre os membros da equipe. O Notion se destaca como a principal escolha para colaboração em documentações, enquanto GitHub e GitLab são amplamente adotados para versionamento e controle de alterações no código. Entre as funcionalidades mais relevantes dessas plataformas, destacam-se o versionamento de código, o controle de alterações, a revisão de código e a edição colaborativa de documentos. Como observado, a diversidade de plataformas adotadas reflete as diferentes necessidades dos participantes da área, evidenciando a relevância dessas ferramentas na melhoria da experiência de trabalho, auxiliando na comunicação, coordenação e cooperação, e, consequentemente, aprimorando a dinâmica no desenvolvimento de software.

4.2. Avaliação das ferramentas

A segunda etapa da pesquisa consistiu na condução de um estudo de caso, realizado conforme o processo de avaliação proposto por Mantau e Benitti (2023a, 2024), selecionando-se as dimensões de percepção *workspace* e *collaboration*. Cada questionário contou com as questões demográficas sugeridas no próprio modelo e mais 30 questões de avaliação do inventário de percepção.

O estudo de caso foi elaborado segundo o modelo de protocolo de planejamento da avaliação conforme descrito na Tabala 2 do Anexo A. Neste protocolo descreve-se o plano de execução para o estudo de caso de avaliação proposto e demais informações sobre a seleção das ferramentas a serem avaliadas, os critérios de análise, e os métodos de coleta de dados, como entrevistas e questionários aplicados aos usuários. Durante a execução do estudo de caso, cada ferramenta foi analisada em relação ao suporte à percepção, considerando os elementos do modelo 3C de colaboração: comunicação, coordenação e cooperação. Todas as etapas desta pesquisa, incluindo instrumentos de coleta e análise de dados e demais artefatos estão disponíveis no repositório Zenodo (CONCENTIUS; MANTAU, 2025).

4.2.1. Calibração do modelo

No modelo TRI, uma das etapas mais importantes é estimar os parâmetros dos itens e as habilidades dos participantes; este processo é conhecido como calibração (ANDRADE; TAVARES; VALLE, 2000). A calibração pode ser feita conhecendo os parâmetros dos itens, conhecendo as habilidades do participante ou estimando ambos simultaneamente (situação mais comum). Na primeira estratégia, apenas as habilidades podem ser estimadas; na segunda, são estimados apenas os parâmetros dos itens. Os resultados da calibração dos itens utilizados estão apresentados nas Figuras 3 e 4 do Anexo B. Para esta etapa, nós combinamos o conjunto de dados de calibração de (MANTAU; BENITTI, 2024) com as 333 observações obtidas por meio dos instrumentos de coleta (questionários). As observações foram coletadas utilizando-se de 8 questionários de avaliação e 8 grupos de participantes (equipes de desenvolvimento de software) – cada grupo respondeu a um questionário específico. Assumimos a estimativa das habilidades dos participantes e dos parâmetros dos itens como uma estratégia de calibração e o método de estimativa multigrupo TRI (CHALMERS, 2012).

A calibração de múltiplos grupos foi realizada por análise de máxima verossimilhança para dados politônicos (escala gradual de Samejima (SAMEJIMA, 1969)) usando a abordagem do algoritmo Metropolis-Hastings Robbins-Monro (MHRM) (CAI, 2010). Para calibrar as 333 observações coletadas ao Modelo de Avaliação da Percepção, consideramos cada um dos cenários como um grupo de avaliação distinto: conjunto de dados de calibração de Mantau e Benitti (2024) (grupo 0), e grupos 1 a 8 para cada grupo de participantes distinto. Neste cenário, dois ou mais grupos realizam dois ou mais testes, apenas parcialmente diferentes (com alguns itens em comum). Nesta configuração, os itens comuns entre os diferentes testes permitem que todos os parâmetros estejam na mesma escala ao final dos processos de estimação. Como um conjunto de itens conecta as diferentes populações, as diferentes observações podem ser avaliadas sob a mesma escala (ANDRADE; TAVARES; VALLE, 2000).

Executamos o *script* da TRI disponível no repositório do Modelo de Avaliação (MANTAU; BENITTI, 2023b). À semelhança dos cenários apresentados em Mantau e Benitti (2024), interpretamos os valores da TRI de discriminação (a) e dificuldade (b), desconsiderando itens fora dos intervalos $a = [0, 65, 4, 0]$, e $b = [-4.0, +4.0]$. Analisamos também as frequências observadas de cada categoria de resposta e, para todos os itens do questionário, a frequência observada foi ≥ 10 .

4.2.2. Resultados

Para as 333 observações consideradas, estimamos os *scores* médios para cada faceta demográfica coletada. Em relação ao gênero, coletamos 203 observações masculinas (61%) e 128 observações femininas (38%); 2 participantes não responderam a esta questão ou escolheram a opção “outro gênero”. Coletamos 214 observações de indivíduos de 18 a 28 anos (64%), 72 de indivíduos de 29 a 39 anos (22%) e 17 de indivíduos entre 40 e 50 anos (5%). Também coletamos uma amostra minoritária de 4 indivíduos com mais de 50 anos (< 1%) e 26 observações de indivíduos com menos de 18 anos (8%).

A Tabela 1 apresenta a habilidade média em função da idade, gênero, familiaridade (com conceitos de percepção, com aspectos de colaboração, com o ambiente), e por ambiente avaliado.

Tabela 1. Distribuição demográfica

| (a) Idade | | | (b) Gênero | | |
|------------------|------------------|----------------|-------------------|--------|----------------|
| Obs. | Grupo | θ médio | Obs. | Grupo | θ médio |
| 26 | 17 years or less | 0.147 | 203 | Male | -0.128 |
| 214 | 18 to 28 years | -0.246 | 128 | Female | -0.111 |
| 72 | 29 to 39 years | 0.154 | 2 | Other | -0.934 |
| 17 | 40 to 50 years | -0.037 | | | |
| 4 | 51 years or more | -0.894 | | | |

| (c) Familiaridade (percepção) | | | (d) Familiaridade (colaboração) | | |
|--------------------------------------|----------------|----------------|--|----------------|----------------|
| Obs. | Grupo | θ médio | Obs. | Grupo | θ médio |
| 29 | 1 - Novice | -0.936 | 20 | 1 - Novice | -0.816 |
| 87 | 2 - competent | -0.715 | 77 | 2 - competent | -0.633 |
| 105 | 3 - proficient | 0.144 | 136 | 3 - proficient | 0.018 |
| 74 | 4 - expert | 0.680 | 59 | 4 - expert | 0.648 |
| 38 | #N/A | -0.418 | 41 | #N/A | -0.405 |

| (e) Familiaridade (ambiente) | | | (f) Ambiente-alvo | | |
|-------------------------------------|----------------|----------------|--------------------------|-----------------|----------------|
| Obs. | Grupo | θ médio | Obs. | Grupo | θ médio |
| 30 | 1 - Novice | -0.939 | 66 | Discord | 0.089 |
| 72 | 2 - competent | -0.753 | 12 | GitHub/GitLab | -1.404 |
| 126 | 3 - proficient | 0.214 | 55 | Google Meet | 0.243 |
| 64 | 4 - expert | 0.531 | 14 | Jira | -1.562 |
| 41 | #N/A | -0.476 | 52 | Microsoft Teams | 0.072 |

Aplicando as fórmulas de geração da escala de suporte definidas no modelo de avaliação (MANTAU; BENITTI, 2024), nós estimamos as escalas de probabilidade $P_{i,k}(\theta_j)$ para cada elemento de avaliação. A escala gerada assume um intervalo de cobertura $[-4, 0, +4, 0]$, embora este modelo seja representativo no intervalo $[-3, 75, +2, 65]$, para cobrir as pontuações dos indivíduos com capacidades inferiores ou superiores (*outliers* $< 1\%$). A Figura 2 apresenta as escalas de probabilidade geradas para cada item de avaliação e dimensão de percepção considerada.

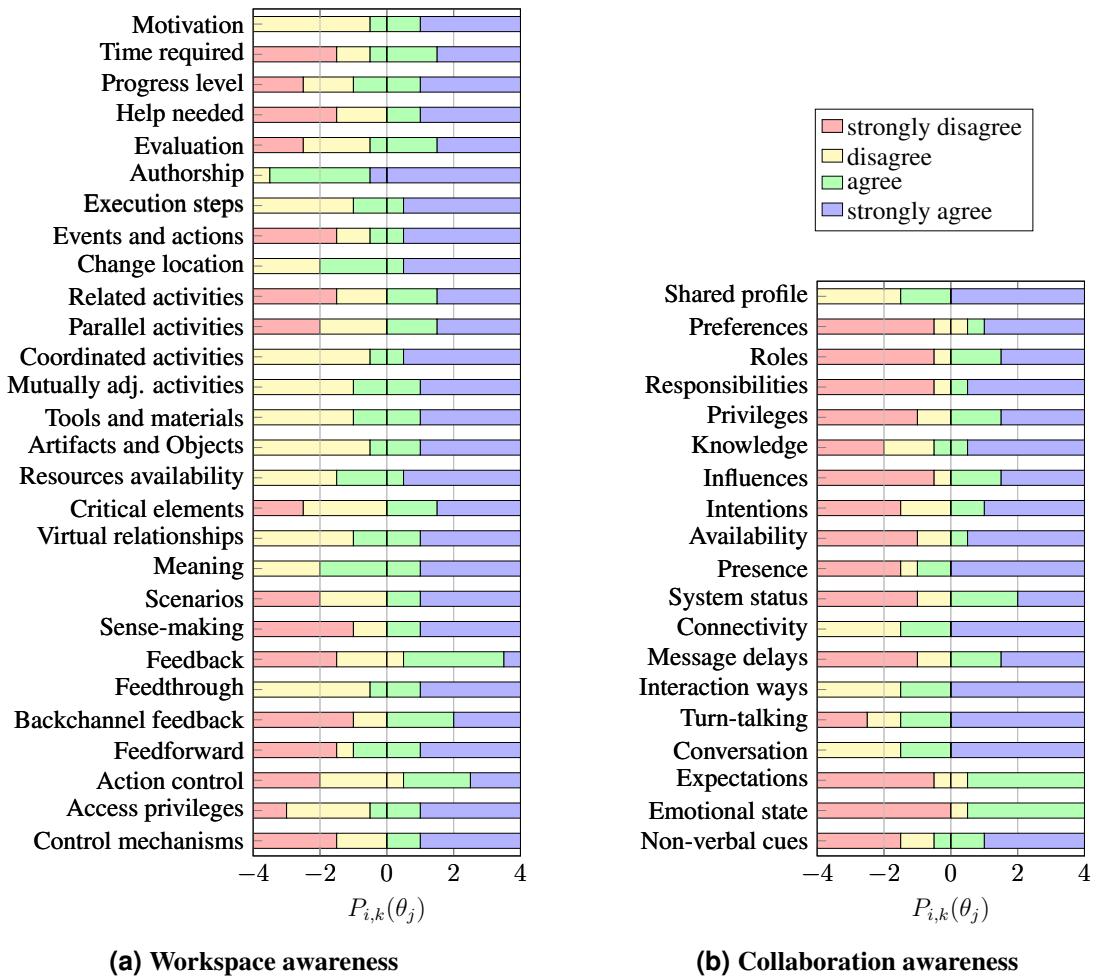


Figura 2. Escala de suporte à percepção

Para cada item de avaliação, a escala apresenta a probabilidade de um participante (j) com uma determinada pontuação de competências (θ) reconhecer a informação de percepção disponível (k) no item (i); os segmentos nas barras do gráfico representam a resposta provável do participante a cada afirmação ($P_{i,k}$). Nós adotamos a escala $(\mu, \sigma)^2$ com média (μ) igual a 0 e desvio padrão (σ) igual a 1.

Como exemplificado na Figura 2, os indivíduos com scores (habilidade/competência) mais baixas têm, geralmente, mais dificuldade em reconhecer os elementos de percepção disponíveis e, por isso, são mais propensos a discordar da presença desses elementos na aplicação. Por outro lado, os indivíduos com maior pontuação na escala têm maior probabilidade de reconhecer os elementos de suporte apresentados pela aplicação e, assim, dar uma concordância mais marcada no julgamento dos itens.

²A escala (μ, σ) é utilizada na TRI para representar, respectivamente, o valor médio e o desvio padrão das capacidades individuais da população (ANDRADE; TAVARES; VALLE, 2000).

4.3. Análise demográfica

Geramos histogramas de frequência com base nas pontuações e facetas demográficas dos participantes (Figuras 5 a 10, Anexo C). Para verificar se o modelo apresenta distinção nos valores de discriminação (ou média) dos diferentes grupos, calculamos também a distribuição normal e a pontuação média agrupada por cada perspectiva demográfica. Como dados demográficos, coletamos idade, sexo, ambiente preferido, experiência no uso de ambientes colaborativos e conhecimento individual de conceitos de percepção e colaboração. O histograma em cada faceta demográfica está principalmente dentro dos limites de pontuação individual onde o modelo é representativo (linha vertical pontilhada).

Conforme mostrado nas Figuras 5 a 6, as curvas normais geradas para cada um dos grupos principais foram significativamente próximas, indicando que o modelo gerado manteve o comportamento já observado em cenários anteriores (MANTAU; BENITTI, 2024), e, considerando as facetas de idade e gênero, não apresentou comportamentos diferentes nos sub-grupos de indivíduos. A exceção foram para grupos com poucos dados amostrais (< 1%), como no caso da faceta idade (grupos de indivíduos com 51 anos ou mais) e gênero (grupo de indivíduos que não responderam ou assinalaram outra opção); nestes grupos a distribuição normal e as funções de probabilidade acumulada (Figuras 5b e 6b) apresentaram um deslocamento à esquerda, indicando um desempenho ligeiramente menor em comparação aos demais grupos observados. Para os demais grupos, a função sigmóide sugere que o modelo não diferencia significativamente os parâmetros de discriminação (a - a inclinação sigmóide) e dificuldade (b - o ponto médio do sigmóide).

Comparando as pontuações agrupadas por ambiente preferido (Figura 7), observamos que os ambientes Jira, GitHub/GitLab, Trello, e WhatsApp apresentaram uma ligeira distinção nos parâmetros de dificuldade média (ou seja, média $\theta = -1.562, -1.404, -0.799$, e -0.162). Por outro lado, nos ambientes Skype, Google Meet, Discord, e Microsoft Teams as curvas sigmóides foram ligeiramente deslocadas para a direita (ou seja, média $\theta = 0.340, 0.243, 0.089$, e 0.072). A média positiva θ demonstra que, em geral, foi mais fácil identificar os elementos de percepção disponíveis nestes ambientes, e os participantes tiveram um desempenho ligeiramente melhor do que em outros ambientes.

Ao analisar os histogramas de habilidades individuais dos participantes (Figuras 8a, 9a e 10a), relacionada a familiaridade com o ambiente, conceitos de colaboração ou percepção, tanto a distribuição normal quanto a probabilidade cumulativa (Figuras 8b, 9b e 10b) foram compatíveis com o julgamento do participante. As frequências observadas nos histogramas indicam uma distribuição normal para todos os grupos e abrangem todo o espectro da escala de habilidades. Portanto, o modelo não diferencia a escala por um grupo específico de indivíduos; o fator que melhor distingue os indivíduos é o traço latente avaliado.

4.4. Confiabilidade do modelo

Para cada mecanismo de percepção do modelo, calculamos a relação entre a probabilidade de cada item de resposta (discordo totalmente a concordo totalmente) em relação à escala de habilidade do indivíduo. A Figura 11, no Anexo D mostra a curva de informação total do suporte dos mecanismos de percepção e o erro padrão (SE). A linha azul representa a função de informação de teste $I(\theta)$, representada por uma distribuição

normal (Gaussiana) (THISSEN; WAINER, 2001); a linha pontilhada vermelha representa o erro padrão $SE(\theta)$. O ponto de intersecção representa o intervalo no qual o modelo é representativo.

As informações do teste e as curvas SE mostram a precisão do instrumento. A curva SE atinge seu valor mínimo precisamente no ponto da escala onde a curva de informação atinge seu pico; Portanto, o instrumento é indicado para participantes com nível de habilidade na região da escala onde a curva de informação ultrapassa a curva de erro padrão, intervalo $[-3, 75, +2, 65]$. O formato da curva indica que o instrumento cobre todo o traço latente, desde os participantes que não conseguem entender os mecanismos ($\theta_j < -1$) até aqueles que conseguem identificar os mecanismos rapidamente ($\theta_j > 1$). Os parâmetros alfa e IRT demonstram fortemente a validação do nosso modelo proposto.

Primeiro, a representação adequada da escala θ (intervalo $[-3, 75, +2, 65]$ conforme apresentado na Figura 11, Anexo D) é uma boa evidência da confiabilidade do instrumento. A confiabilidade interna através do coeficiente alfa de Cronbach (DEVELLIS, 2016) demonstrou boa consistência interna ($\alpha > 0.8$)³. Em segundo lugar, calculamos a função de confiabilidade do instrumento $r_{xx}(\theta)$ (THISSEN; WAINER, 2001; CHALMERS, 2012), através do traço latente dos participantes (ver Figura 12, no Anexo D). Nosso modelo apresenta excelente confiabilidade, e a função atinge seu valor mais alto ($r_{xx} > 0,95$) na região da escala onde a função de informação é representativa.

5. Conclusão

Abordagens colaborativas no contexto de desenvolvimento de software têm-se revelado práticas benéficas, tanto em contextos profissionais como educativos. Realizamos um levantamento de vários sistemas que suportam esta abordagem e avaliamos o nível de suporte aos aspectos de percepção e colaboração, especialmente relacionados às dimensões de percepção de colaboração e do espaço de trabalho compartilhado. Obteve-se a participação de 333 indivíduos de 8 grupos/ambientes de desenvolvimento distintos. Como instrumento de coleta e análise dos dados, utilizamos o Modelo de Avaliação da Percepção (MANTAU; BENITTI, 2023a, 2024). Os dados coletados foram calibrados utilizando a abordagem estatística da TRI, em conjunto com os dados de calibração presentes no próprio modelo (MANTAU; BENITTI, 2023b). Como resultado, encontramos indicadores adequados para a TRI, tanto demográficos quanto de calibração.

Os resultados da avaliação foram positivos, e os ambientes mais familiares apresentaram o melhor desempenho na percepção dos usuários. Ambientes como Jira, GitHub/GitLab, Trello, e WhatsApp apresentaram uma ligeira distinção nos parâmetros de dificuldade média (scores menores), logo, os participantes apresentaram uma maior dificuldade no reconhecimento dos mecanismos de percepção avaliados. Por outro lado, os ambientes Skype, Google Meet, Discord, e Microsoft Teams apresentaram uma pontuação geral de reconhecimento melhor (positiva), o que sugere uma maior capacidade de apropriação destes elementos. Os valores de θ , a e b (parâmetros de calibração), combinados com os valores de consistência interna do alfa de Cronbach e da função de confiabilidade $r_{xx}(\theta)$, atestam a confiabilidade dos resultados ($\alpha > 0,8$).

³Considera-se valores de alfa de Cronbach entre $0,7 < \alpha \leq 0,8$ aceitáveis; entre $0,8 < \alpha \leq 0,9$ bom; e $\alpha \geq 0,9$ excelente (DEVELLIS, 2016).

Referências

- ANDRADE, D. F. de; TAVARES, H. R.; VALLE, R. d. C. Teoria da resposta ao item: conceitos e aplicações. *ABE, Sao Paulo*, 2000.
- BARBOSA, S.; SILVA, B. *Interação humano-computador*. Rio de Janeiro, RJ: Elsevier Brasil, 2010.
- CAI, L. Metropolis-hastings robbins-monro algorithm for confirmatory item factor analysis. *Journal of Educational and Behavioral Statistics*, American Educational Research Association (AERA), v. 35, n. 3, p. 307–335, 6 2010. ISSN 1935-1054.
- CHALMERS, R. P. mirt: A multidimensional item response theory package for therenvironment. *Journal of Statistical Software*, Foundation for Open Access Statistic, v. 48, n. 6, 2012. ISSN 1548-7660.
- COLLAZOS, C. A. et al. Descriptive theory of awareness for groupware development. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, v. 10, n. 12, p. 4789–4818, 2019. ISSN 1868-5137.
- CONCENTIUS, S.; MANTAU, M. J. Avaliação do suporte à percepção em ferramentas colaborativas de apoio ao desenvolvimento de software: Repositório de artefatos. In: *Zenodo Repository*. DOI: 10.5281/zenodo.15285691: Zenodo, 2025.
- da Silva Estácio, B. J.; PRIKLADNICKI, R. Distributed pair programming: A systematic literature review. *Information and Software Technology*, v. 63, p. 1–10, 2015. ISSN 0950-5849.
- DEVELLIS, R. F. *Scale development: Theory and applications*. 4th. ed. London, UK: Sage Publications, Inc, 2016. v. 26. (Applied Social Research Methods, v. 26). ISBN 9781506341569.
- DOURISH, P.; BELLOTTI, V. Awareness and coordination in shared workspaces. In: *Proceedings of the 1992 ACM Conference on Computer-Supported Cooperative Work*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 1992. (CSCW '92), p. 107–114. ISBN 0897915429.
- ELLIS, C.; GIBBS, S.; REIN, G. Groupware some issues and experiences. *Communications of the ACM*, ACM New York, NY, USA, v. 34, n. 1, p. 38–58, 1991. ISSN 0001-0782.
- FUKS, H. et al. The 3c collaboration model. In: *Encyclopedia of E-collaboration*. Pennsylvania, USA: IGI Global, 2008.
- GEORGE, J. F. Groupware. In: BIDGOLI, H. (Ed.). *Encyclopedia of Information Systems*. New York, NY, USA: Elsevier, 2003. p. 509–518. ISBN 978-0-12-227240-0.
- GROSS, T. Supporting effortless coordination: 25 years of awareness research. *Computer Supported Cooperative Work*, v. 22, n. 4-6, p. 425–474, 2013. ISSN 0925-9724.
- GUTWIN, C.; BARJAWI, M.; PINELLE, D. The emergence of high-speed interaction and coordination in a (formerly) turn-based groupware game. In: *Proceedings of the 19th International Conference on Supporting Group Work*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2016. (GROUP '16), p. 277–286. ISBN 9781450342766.

MANTAU, M. J.; BENITTI, F. B. V. Awareness support in collaborative system: Reviewing last 10 years of cscw research. In: *2022 IEEE 25th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD)*. Hangzhou, China: IEEE, 2022. p. 564–569.

MANTAU, M. J.; BENITTI, F. B. V. Towards an awareness taxonomy. In: *2022 IEEE 25th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD)*. Hangzhou, China: IEEE, 2022. p. 495–500.

MANTAU, M. J.; BENITTI, F. B. V. The awareness assessment model: measuring the awareness and collaboration support over the participant's perspective. In: *Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sistemas Colaborativos*. Rio de Janeiro, RJ: SBC, 2023. p. 30–43.

MANTAU, M. J.; BENITTI, F. B. V. The awareness assessment model repository. In: *Zenodo Repository*. DOI: 10.5281/zenodo.8298950: Zenodo, 2023.

MANTAU, M. J.; BENITTI, F. B. V. The awareness assessment model: measuring awareness and collaboration support over participant's perspective. *Universal Access in the Information Society*, Springer Science and Business Media LLC, mar 2024. ISSN 1615-5297.

MOLINA, A. I. et al. Awareness support in collaborative programming tools: An evaluation based on programmer's perception and eye tracking. *Journal of Systems and Software*, v. 220, p. 112276, 2025. ISSN 0164-1212.

ROGERS, Y.; SHARP, H.; PREECE, J. *Design de interação*. Porto Alegre, RS, BR: Bookman Editora, 2013.

SAMEJIMA, F. Estimation of latent ability using a response pattern of graded scores. *Psychometrika monograph supplement*, 1969.

SCHMIDT, K. The problem with 'awareness': Introductory remarks on 'awareness in cscw'. *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)*, v. 11, n. 3, p. 285–298, Sep 2002. ISSN 1573-7551.

SILVA, L.; MENDES, A. J.; GOMES, A. Computer-supported collaborative learning in programming education: A systematic literature review. In: *2020 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*. Porto, Portugal: IEEE, 2020. p. 1086–1095.

STANDARDIZATION, I. O. for. *Systems and software engineering - Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) - Evaluation process*. Geneva, CH, 2011. v. 1.

TENENBERG, J.; ROTH, W.-M.; SOCHA, D. From i-awareness to we-awareness in cscw. *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)*, v. 25, n. 4, p. 235–278, 10 2016. ISSN 1573-7551.

THISSEN, D.; WAINER, H. *Test Scoring*. New York, NY, USA: Routledge, 2001.

WOHLIN, C. Guidelines for snowballing in systematic literature studies and a replication in software engineering. In: *Proceedings of the 18th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2014. (EASE '14), p. 1–10. ISBN 9781450324762.

WOHLIN, C. et al. *Experimentation in software engineering: an introduction*. New York, NY, USA: Springer Science & Business Media, 2012.

A. Protocolo de Planejamento da Avaliação

Tabela 2. Protocolo de Avaliação, conforme (MANTAU; BENITTI, 2024)

| | |
|---------------------------------|---|
| 1. Determinar o(s) objetivos(s) | <p>Etapa 1.1. Defina os objetivos da avaliação em relação ao objeto de estudo, propósito, perspectiva e contexto.</p> <ul style="list-style-type: none">→ <i>Objeto de estudo: [Ferramentas de desenvolvimento de software]</i>→ <i>Propósito: [Avaliar o suporte à colaboração proporcionado pelo ambiente colaborativo pelos mecanismos de percepção apresentados];</i>→ <i>Perspectiva(s): [Perspectiva do participante];</i>→ <i>Contexto/ambiente: [Ambiente de desenvolvimento de software de uso geral, como Slack, Jira, GitHub, etc.];</i> |
| 2. Determinar o escopo | <p>Etapa 1.2. Selecione as dimensões de percepção. Identifique as dimensões de percepção relacionadas que serão consideradas na avaliação.</p> <ul style="list-style-type: none">→ <i>Dimensões de percepção: [Identidade, Capacidade, Social, Navegação e Entendimento];</i> <p>Etapa 1.3 Selecione as metas a serem medidas. Selecione quais categorias de design são relevantes no ambiente colaborativo para cada dimensão de percepção.</p> <ul style="list-style-type: none">→ <i>Meta(s): [Acessar todas as dimensões de percepção];</i> |
| 3. Planejar a intervenção | <p>Etapa 2.1 Selecione os recursos a serem avaliados. Selecione as funcionalidades ou tarefas dentro do ambiente colaborativo que serão o objeto da avaliação.</p> <ul style="list-style-type: none">→ <i>Recursos: [Ferramentas de Comunicação, Plataformas de Gestão de Projetos e Repositórios de Código];</i> <p>Etapa 2.2 Defina os participantes envolvidos e as tarefas que devem ser realizadas dentro do ambiente colaborativo.</p> <ul style="list-style-type: none">→ <i>Participantes: [Alunos de cursos de graduação na área de computação e profissionais de empresas de desenvolvimento de software];</i>→ <i>Descrição da(s) tarefa(s): [Cada participante responde as questões suas perspectivas];</i> <p>Etapa 2.3 Identifica as implicações de Limite (físico, virtual ou ambos), Persona (indivíduo, outros participantes, grupo como um todo ou sistema) e Históricas (passado, presente, futuro).</p> <ul style="list-style-type: none">→ <i>Implicações: [não há];</i> |
| | <p>Etapa 3.1. Selecione os fatores adicionais para acessar (como demográfico, usabilidade e UX).</p> <ul style="list-style-type: none">→ <i>Fatores adicionais: [não há];</i> <p>Etapa 3.2. Gerar o instrumento de coleta de dados considerando as atividades 1.2, 1.3 e 2.3.</p> |

B. Calibração dos itens do modelo

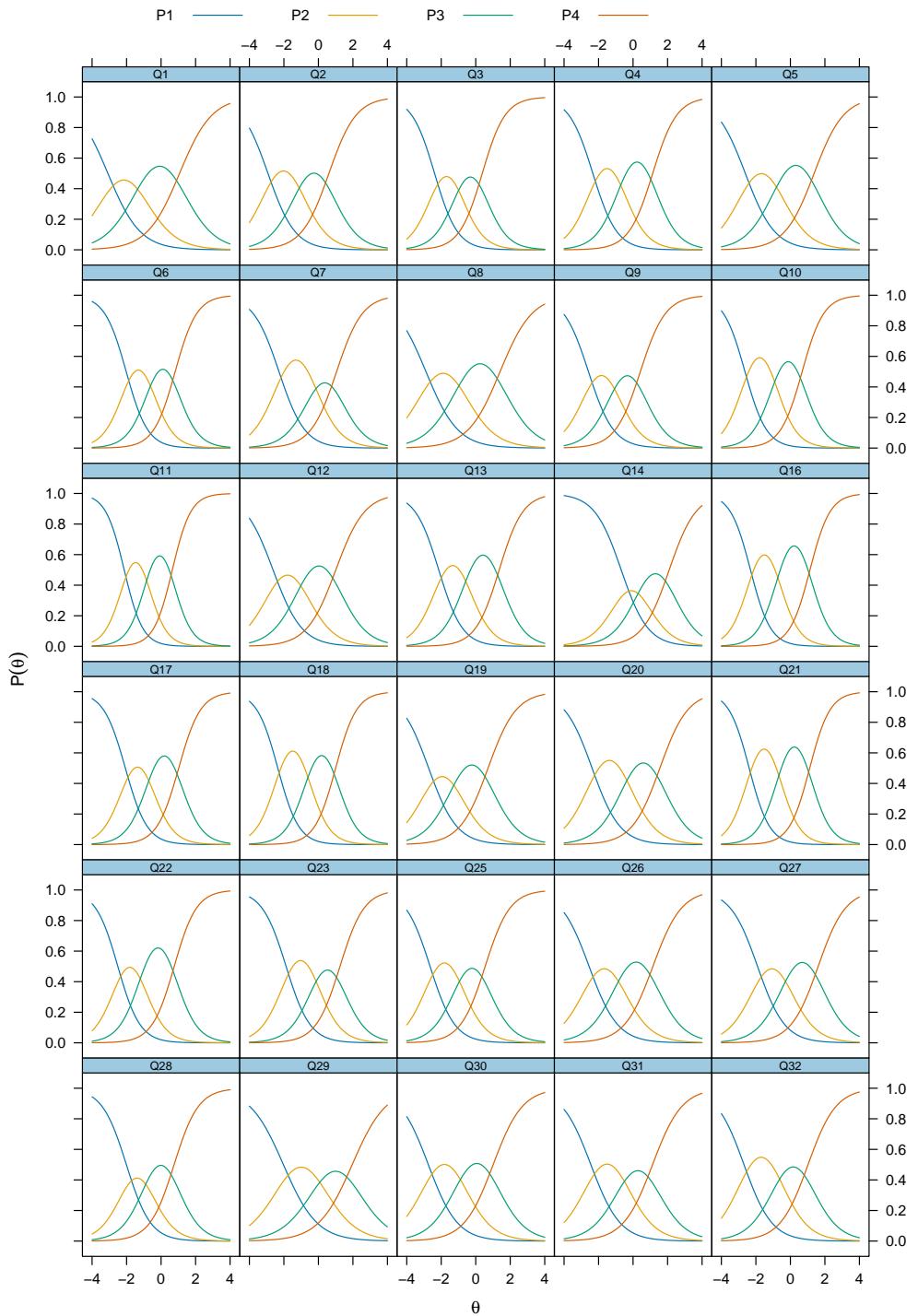


Figura 3. Curvas de informação dos itens (dimensão *workspace awareness*)*

*P1 = discordo totalmente; P2 = discordo; P3 = concordo; P4 = concordo fortemente.

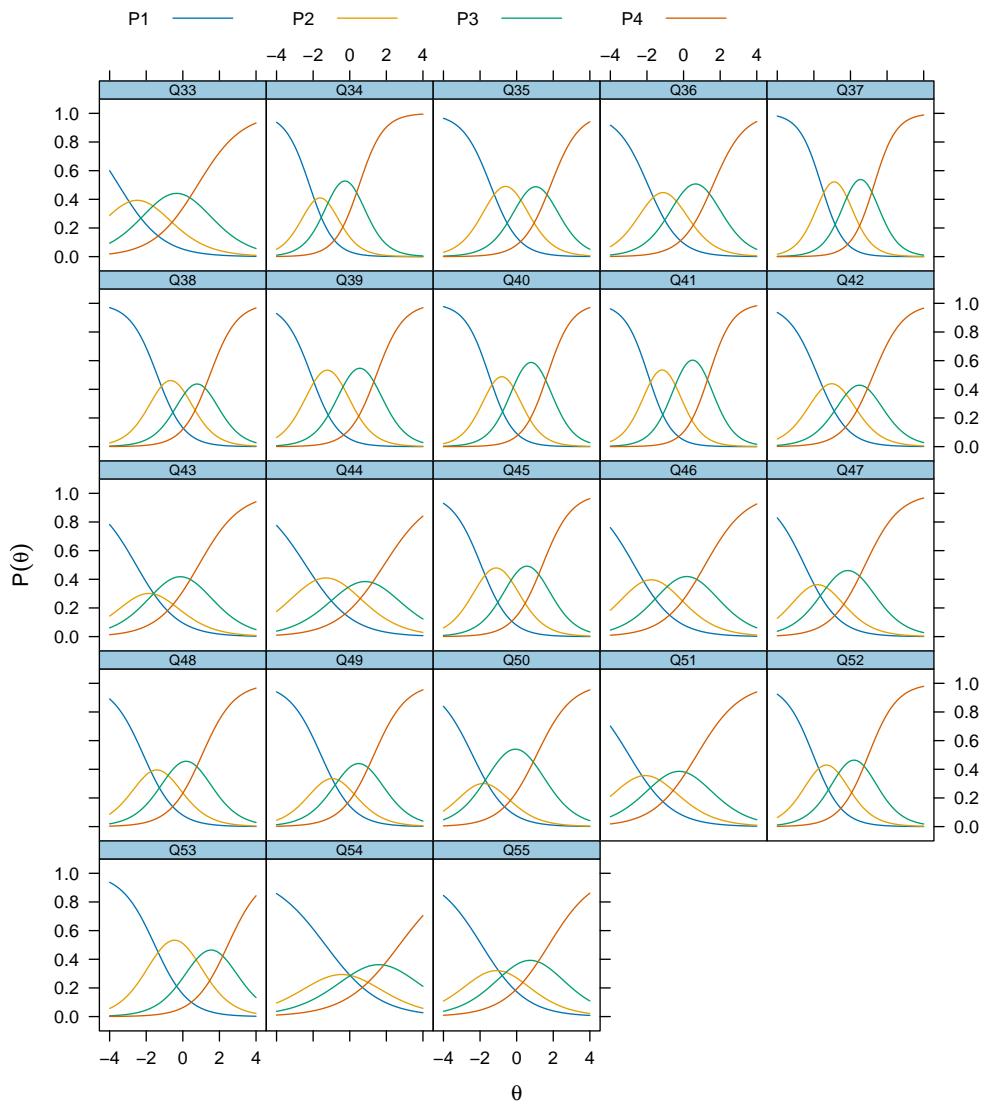


Figura 4. Curvas de informação dos itens (dimensão *collaboration awareness*)*

*P1 = discordo totalmente; P2 = discordo; P3 = concordo; P4 = concordo fortemente.

C. Análise da distribuição demográfica da amostra observada

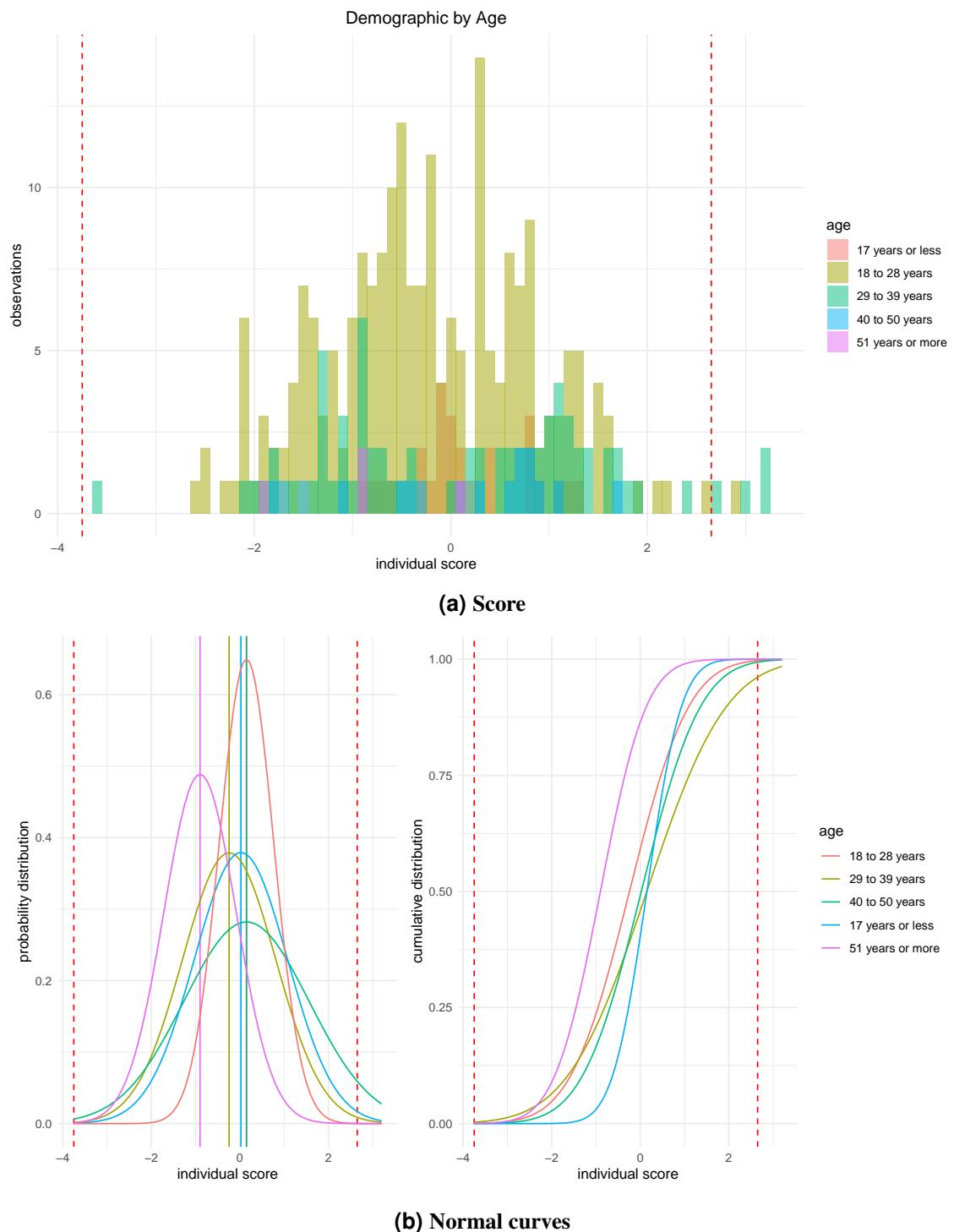


Figura 5. Distribuição demográfica da pontuação individual por idade

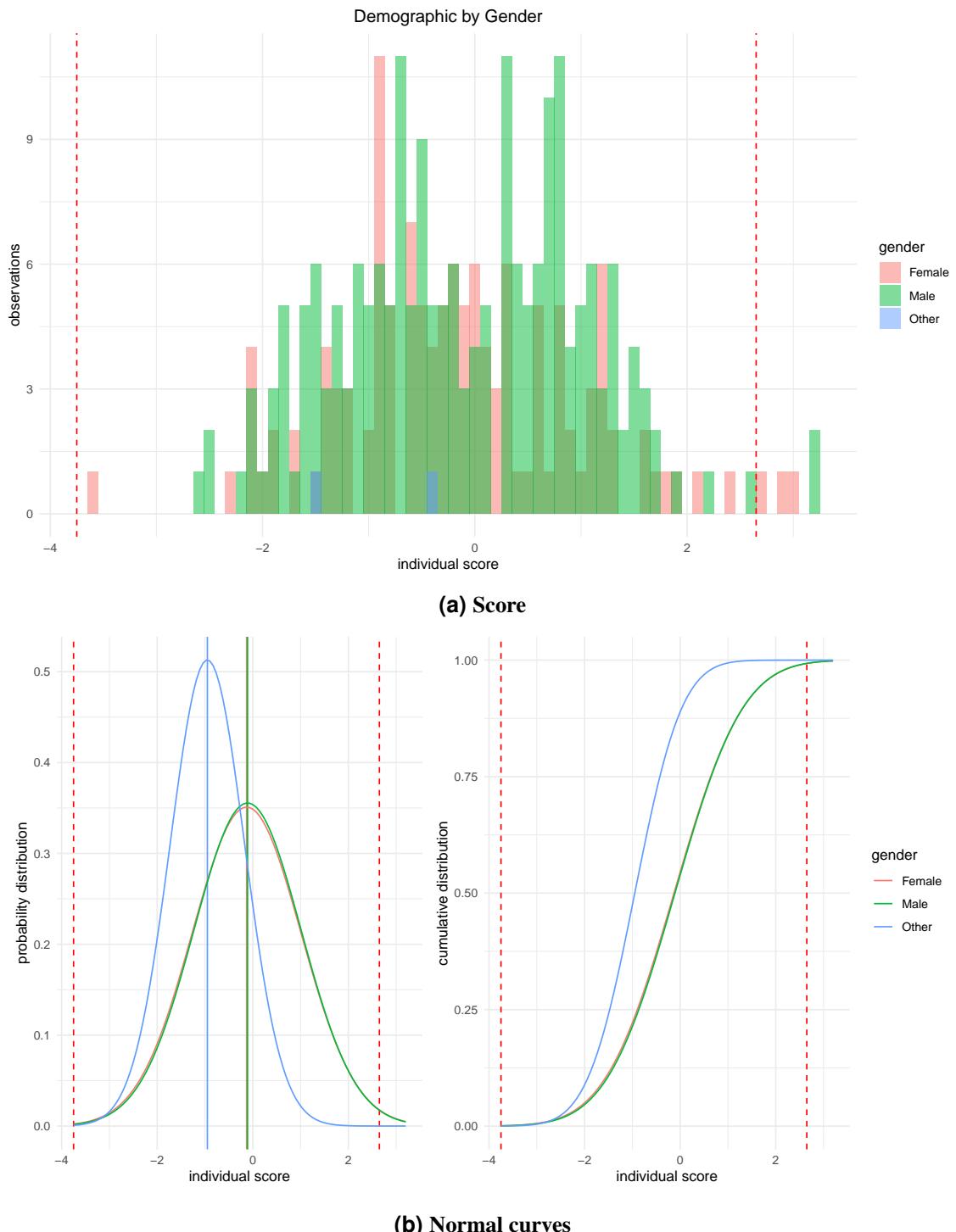


Figura 6. Distribuição demográfica da pontuação individual por gênero

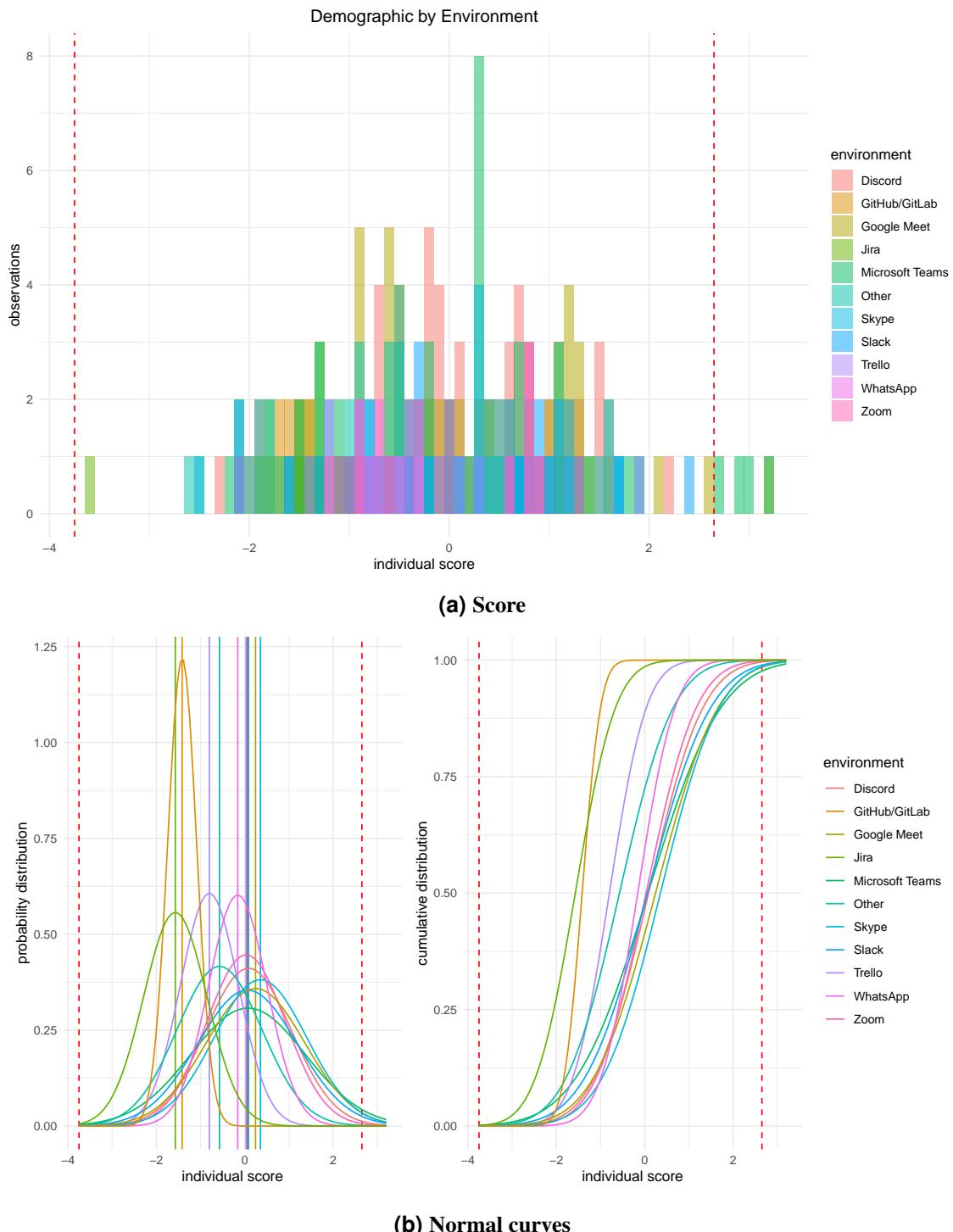


Figura 7. Distribuição demográfica da pontuação individual por ambiente avaliado

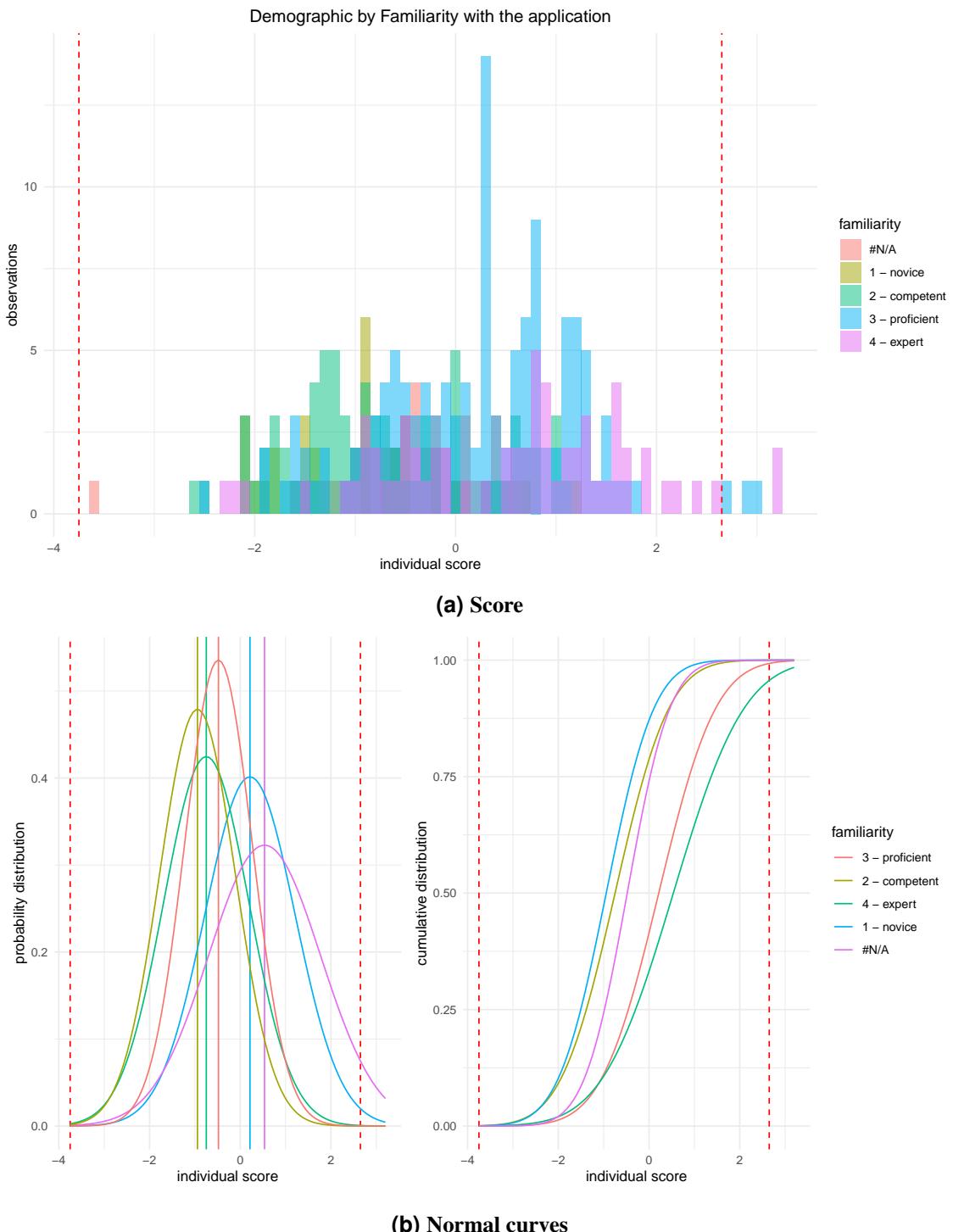


Figura 8. Distribuição demográfica da pontuação individual por familiaridade com o ambiente

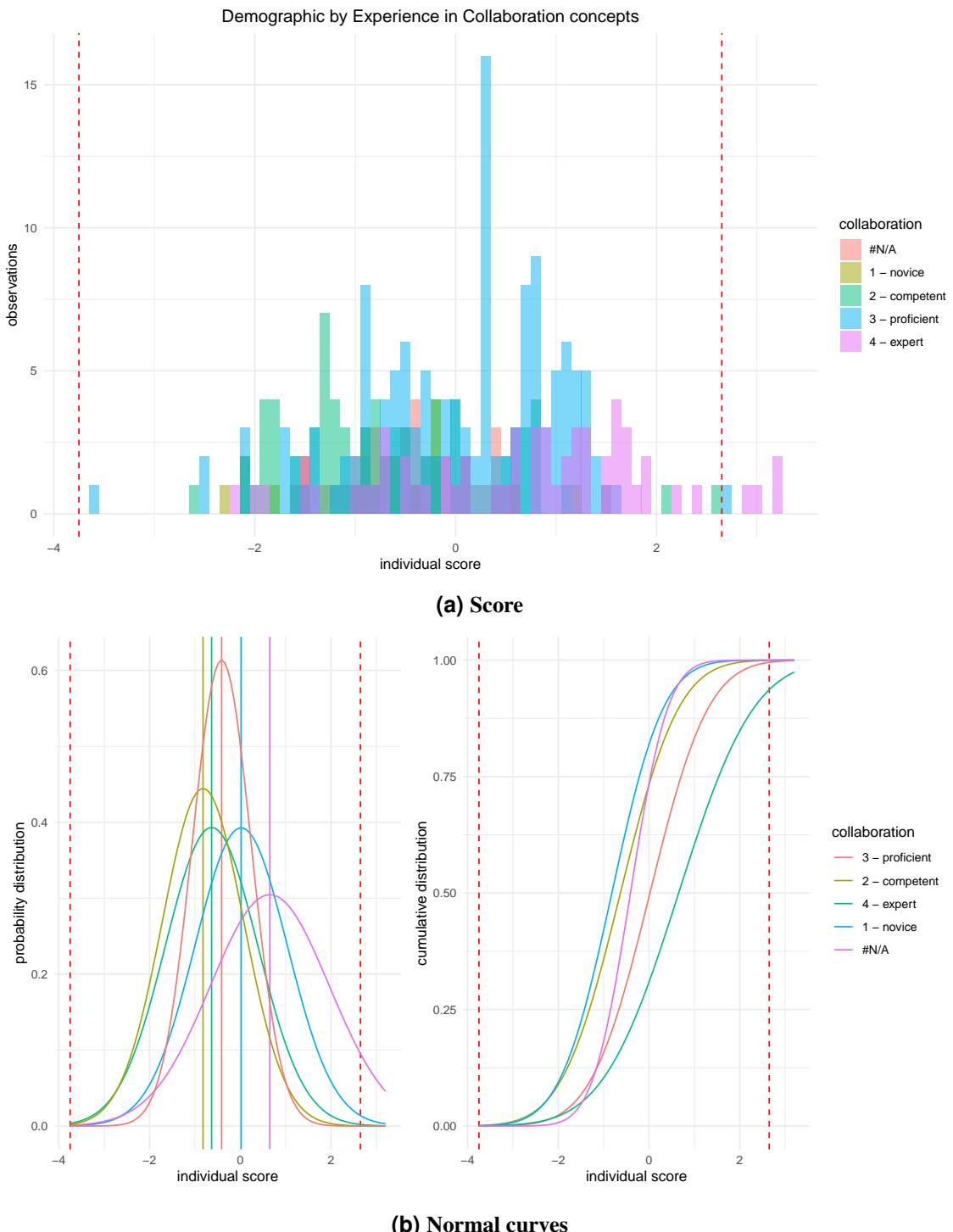


Figura 9. Distribuição demográfica da pontuação individual por familiaridade aos conceitos de colaboração

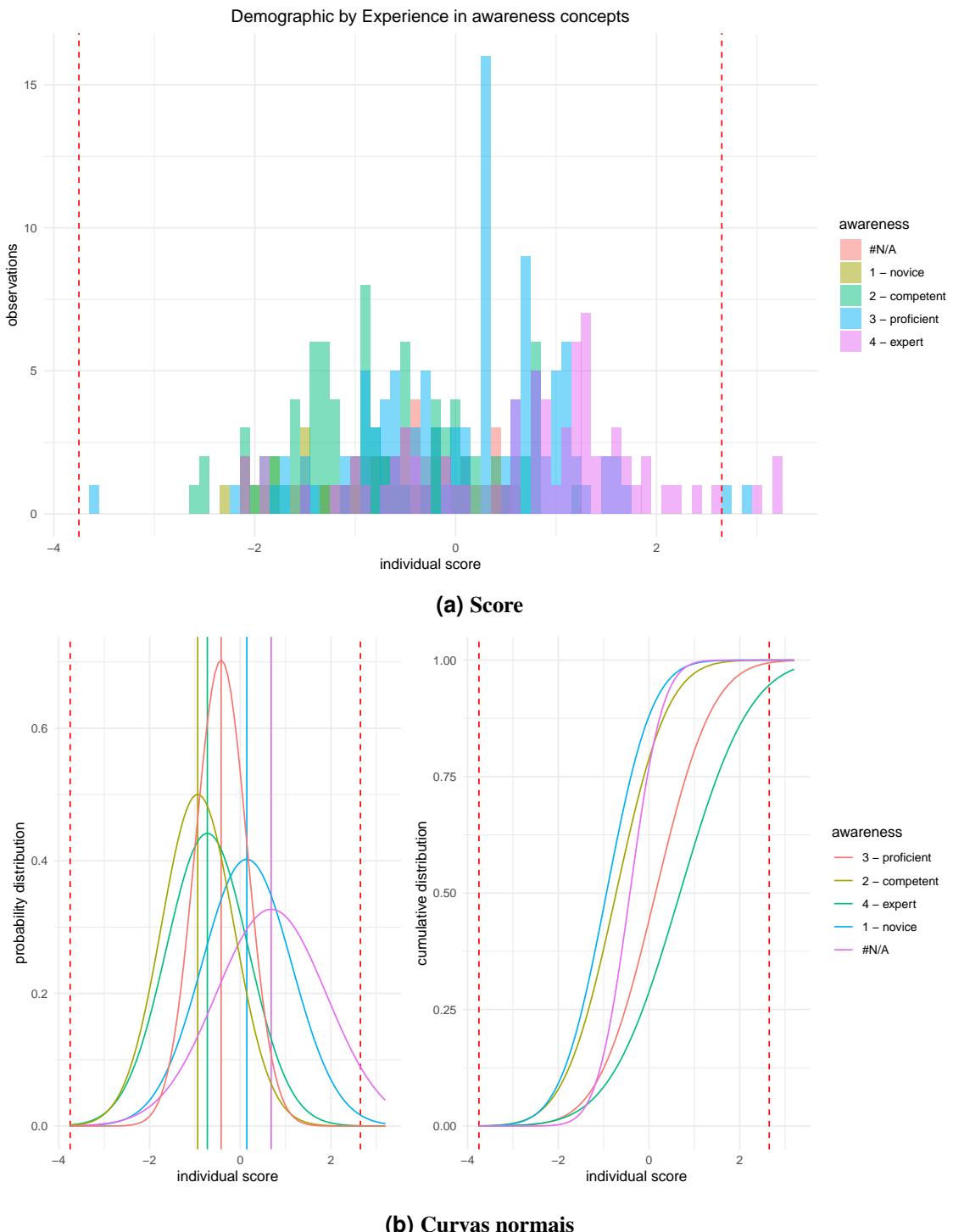


Figura 10. Distribuição demográfica da pontuação individual por familiaridade aos conceitos de percepção

D. Confiabilidade do modelo (parâmetros de calibração TRI)

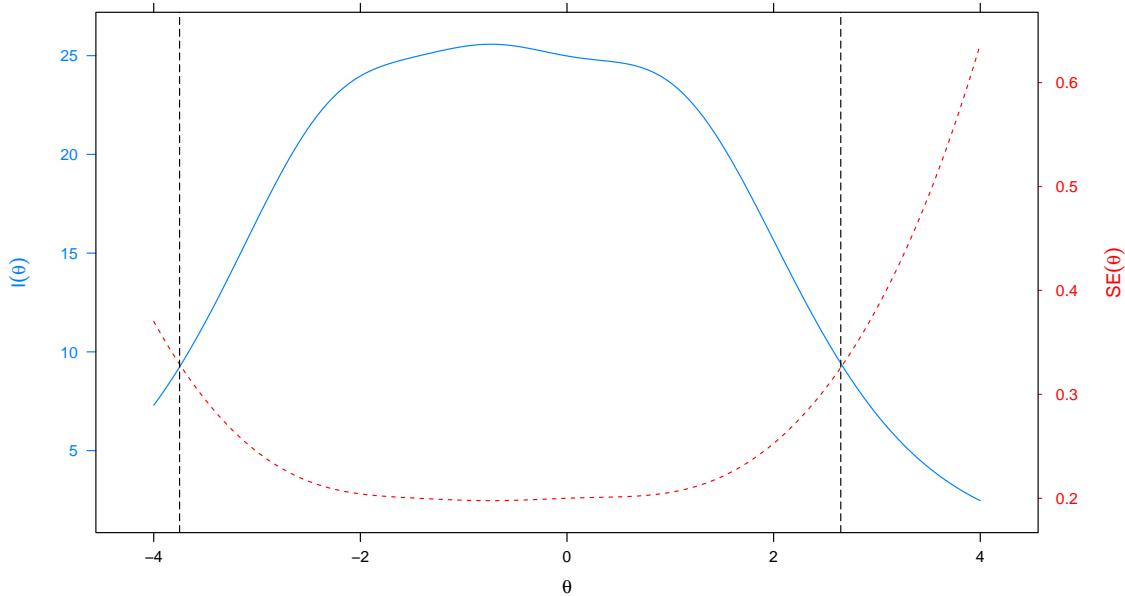


Figura 11. Função de Informação do Teste ($I(\theta)$) e Erro padrão ($SE(\theta)$)

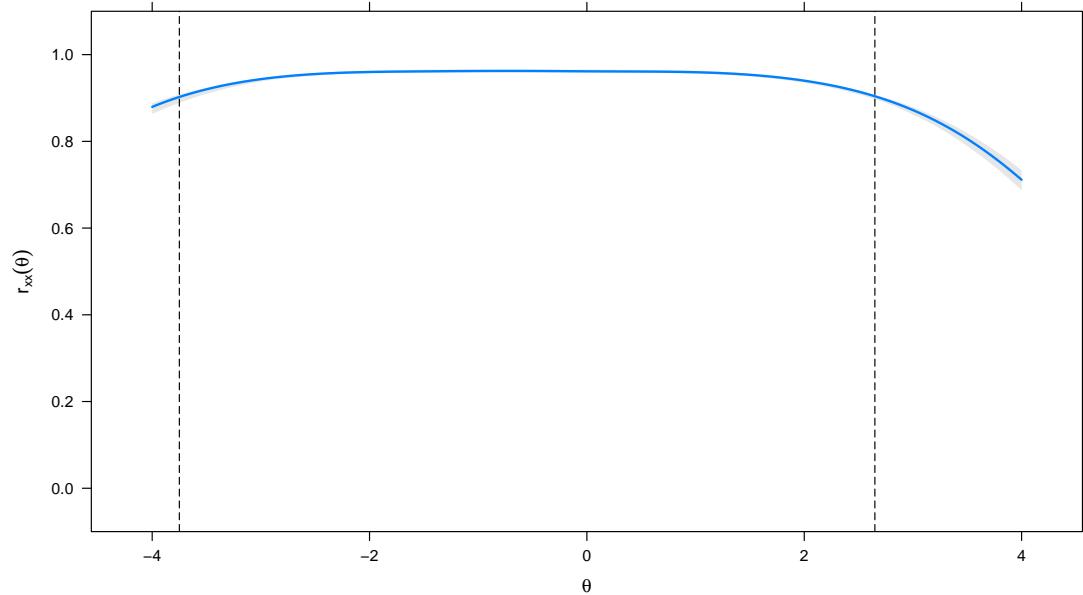


Figura 12. Confiabilidade do teste ($r_{xx}(\theta)$)