

O USO DE JOGOS SÉRIOS PARA DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS

Maria Luiza Silva Guedes ¹; Conceição de Maria Albuquerque Alves ²

RESUMO – O enfrentamento dos efeitos da expansão de áreas impermeabilizadas em cidades brasileiras requer esforços para ampliar o entendimento das comunidades sobre o tema, bem como de gestores e profissionais atuantes. A Norma de Referência (NR) 12/2025 da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico inclui responsabilidades a usuários de sistemas de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas (DMAPU). O presente trabalho concebeu um jogo sério como ferramenta de educação ambiental e de apoio ao planejamento e gestão baseando-se nos sistemas DMAPU brasileiros visando promover a conscientização entre os diferentes atores envolvidos neste sistema. Embora jogos sérios sejam amplamente utilizados como forma de conscientização na área ambiental, é notória a lacuna no desenvolvimento de jogos voltados para a gestão de águas pluviais urbanas. Para isso, neste artigo realizou-se uma sessão de teste com universitários da área de saneamento, acompanhada de avaliação mediante questionários aplicados antes e após a experiência, com o objetivo de analisar o nível de compreensão dos participantes. Os resultados indicaram o potencial do jogo como ferramenta educativa, embora sejam necessários testes adicionais com profissionais da área de drenagem urbana para aprimorar sua aplicação como instrumento de apoio à gestão e à educação ambiental.

Palavras-Chave – educação ambiental; drenagem e manejo de águas urbanas; jogos sérios.

ABSTRACT – Addressing the effects of the expansion of impervious areas in Brazilian cities requires efforts to increase understanding of the issue among communities, as well as among managers and professionals working in the field. Reference Standard (NR) 12/2025 of the National Water and Basic Sanitation Agency sets out responsibilities for users of Urban Stormwater Drainage and Management (DMAPU) systems. This study developed a serious game as a tool for environmental education and to support planning and management based on Brazilian DMAPU systems, with the aim of raising awareness among the various stakeholders involved in this system. Although serious games are widely used as a means of raising environmental awareness, there is a notable gap in the development of games focused on urban stormwater management. To this end, this article describes a testing session conducted with university students majoring in sanitation, accompanied by an evaluation using questionnaires administered before and after the experience, with the aim of analyzing the participants' level of understanding. The results indicated the game's potential as an educational tool, although additional testing with professionals in the field of urban drainage is necessary to refine its application as a tool to support management and environmental education.

Key-words – environmental education; stormwater management; serious games.

¹ Graduanda em Engenharia Ambiental - Universidade de Brasília (UnB), Prédio da Faculdade de Tecnologia, Bloco E - Asa Norte, Brasília-DF, fone (61) 99205-1724, maaluu2001@gmail.com.

² Prof^a Dra. Dep. Engenharia Ambiental - Universidade de Brasília (UnB), Prédio da Faculdade de Tecnologia, Bloco E - Asa Norte, Brasília-DF, fone (61) 9646-2310, calves@unb.br.

INTRODUÇÃO

Os sistemas de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas (DMAPU) buscam direcionar os escoamentos superficiais resultantes de eventos de chuva e minimizar possíveis danos causados ao meio ambiente e à sociedade em localidades antropizadas. No Brasil, o serviço de drenagem urbana enquadra-se como um dos quatro eixos do saneamento básico e contempla todo o percurso da água desde o transporte até a destinação final para infiltração ou lançamento em corpo receptor. Entre os fatores que colaboram para os problemas de DMAPU está a ausência do planejamento urbano, no qual há presença excessiva de áreas impermeabilizadas, reduzindo a infiltração da água no solo e proporcionando aumento do volume e antecipação do pico de escoamento superficial.

BRASÍLIA (2024) aponta no Plano Distrital de Saneamento Básico (PDSB) que o Distrito Federal (DF) ainda enfrenta problemas em relação à percepção de sua população acerca do funcionamento do DMAPU. Isso se deve ao fato de boa parte da população associar estes serviços apenas a obras de pavimentação e mobilidade urbana, provocando dificuldade para o entendimento de que as águas pluviais que escorrem em todo o território, seja área pública ou privada, pertencem a um sistema integrado.

Após a inclusão na NR 12/2025 do usuário como um dos atores importantes da estruturação dos serviços de DMAPU, o BRASIL (2025) destacou as responsabilidades do cidadão no bom desempenho desses sistemas. Para o bom desempenho dessas responsabilidades, o usuário precisa conhecer as relações causa e efeito entre o uso do solo urbano e as consequências nos sistemas de DMAPU. Por outro lado, sabe-se que soluções distribuídas e pautadas em abordagens sustentáveis de DMAPU requerem a adoção de dispositivos em lotes que possam contribuir com a redução do escoamento superficial. A educação ambiental apresenta-se como ferramenta importante para fomentar a participação das comunidades no bom desempenho de sistemas de DMAPU.

Dessa forma, conforme BRASÍLIA (2024), a educação ambiental, por meio de suas ações, seria capaz de proporcionar à população a compreensão de que toda água proveniente da chuva faz parte de um sistema maior, que, graças a ações em microdrenagem, macrodrenagem, processos de infiltração no solo, entre outras medidas, garante-se a preservação da qualidade dos corpos hídricos e das redes de drenagem. Sendo assim, a educação ambiental voltada ao entendimento do DMAPU é uma ação fundamental para a população compreender acerca do seu uso adequado e garantir uma maior eficiência de sua gestão.

Nesse sentido, Mittal *et al.* (2025) apontam que os jogos sérios podem e estão sendo cada vez mais usados como ferramentas em temas das áreas ambientais, no entanto, os voltados à gestão

de águas pluviais urbanas são escassos em comparação com demais assuntos, portanto jogos para apoio a ações ligadas à educação sobre a drenagem urbana tornam-se necessários. Porém, quando comparado a gama de jogos existentes de assuntos ambientais, é notória a maior quantidade de jogos projetados para a realidade internacional quando comparados com os que refletem a realidade brasileira.

Como exemplo, no jogo concebido por Nguyen *et al.* (2024), o SuDSbury, propôs ao seu público-alvo composto por cidadãos com baixo conhecimento sobre sistemas de drenagem urbana um jogo de tabuleiro com soluções sustentáveis e sua importância de planejamento na mitigação de inundações. Para isso, os participantes assumem o papel de moradores e inquilinos, com ou sem área verde, para gerenciar o seu território habitacional. O experimento gerou avaliações positivas em suas sessões testes, sendo classificado com um bom potencial educativo e com potencial de evolução se incluísse os demais atores responsáveis pela drenagem.

Da mesma forma, Khoury *et al.* (2023) buscaram sensibilizar seus jogadores com o jogo Nextgen, fazendo-os aprender a maximizar a circularidade da água em sistemas urbanos e a sua gestão integrada através de jogo de tabuleiro físico, com cartas de decisão e simulação digital do fluxo de água. Seu público, por outro lado, considerou a população geral, e gestores, técnicos e estudantes universitários que tivessem interesse na sustentabilidade urbana. Logo, o jogo possui alta abordagem educativa por fazer uso de simulações de planejamento urbano através dos cenários em que os jogadores necessitam de questionar criticamente suas escolhas.

Propõe-se a criação de um jogo a ser desenvolvido em meio físico, com o objetivo de simular a realidade de uma nova Região Administrativa do Distrito Federal em processo de regularização, a qual cresceu antes que a infraestrutura de drenagem necessária fosse previamente instalada, a fim de explorar a simulação com jogadores para a criação de estratégias e soluções dos desafios encontrados no planejamento e gestão dos sistemas de DMAPU brasileiras.

METODOLOGIA

A metodologia a ser empregada no presente trabalho foi dividida em seis etapas que são ilustradas na Figura 1.

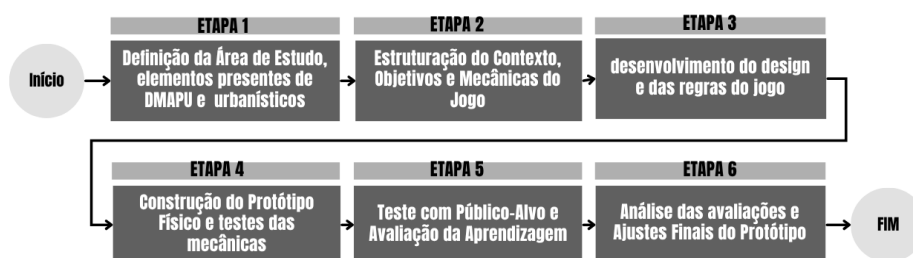


Figura 1 – Diagrama da metodologia aplicada no trabalho

Etapas 1 - Definição da área urbana típica, elementos presentes de DMAPU e tipologia urbanística

A primeira etapa foi destinada à escolha do que poderia ser representado no jogo e quais elementos teriam que ser omitidos para melhor entendimento. Para a escolha das características da área representada no tabuleiro, buscou-se retratar uma disposição típica encontrada na realidade do DF, com a divisão do espaço urbano em quadras residenciais e comerciais.

As escolhas de soluções de drenagem foram separadas em três categorias: soluções que atendessem a áreas residenciais, soluções para áreas comerciais e soluções para a área pública, subdivididas em zonas: calçadas, vias locais, via principal, área verde e utilitário. As soluções pensadas foram divididas entre soluções tradicionais de drenagem e também dispositivos com abordagem de Soluções Baseadas na Natureza (SbN). Ademais, foram feitas escolhas que seriam prejudiciais para a drenagem local, mas trariam algum benefício monetário instantâneo para os jogadores. Para a escolha dos personagens, os perfis foram alinhados com a realidade, englobando moradores e comerciantes locais, reguladores, prestadores e a administração pública (titulares do serviço público).

Etapas 2 - Estruturação do contexto, objetivos e mecânicas de jogo

Esta etapa estabeleceu elaboração de um modelo de jogo que fosse coerente com a realidade e os desafios da DMAPU, definindo não somente os objetivos de cada participante, mas também, o objetivo educacional proposto, além das mecânicas lúdicas aplicadas. Assim, foram definidas as ações permitidas pelos jogadores, os desafios por fases, divisões de turno e progressão das partidas, além da forma de representar os componentes essenciais para o jogo, como cartas, sistema de pontuação, marcadores e fichas, elaborados fisicamente na etapa seguinte.

Para isso, foram consultados outros artigos de jogos sérios no campo ambiental, a fim de servirem como inspiração de como representar o gerenciamento do sistema de DMAPU de forma convidativa para os jogadores. Nesse sentido, o jogo foi idealizado para um público com uma noção básica prévia acerca da temática drenagem urbana para que a compreensão dos jogadores durante as partidas não fosse comprometida.

Etapas 3 - Desenvolvimento do Design e das regras do jogo

Esta fase foi elaborada conforme planejado na fase anterior do design do jogo e seus elementos de forma digital. Assim, as peças, a arte do tabuleiro e a escrita do manual de regras foram confeccionados usando elementos próprios do Canva, já as ilustrações das cartas dos personagens e das soluções de drenagem foram criadas através do uso de inteligência artificial.

Etapas 4 - Construção do protótipo físico e testes das mecânicas

Nesta fase, ocorreu a confecção do tabuleiro do jogo e demais componentes físicos, o projeto também passou por correções identificadas na etapa anterior e passou por testes internos a fim de verificar a lógica e a clareza das regras para a melhor jogabilidade e coerência com o tema.

Etapas 5 - Teste com público-alvo e avaliação de aprendizagem

O jogo foi testado com participantes convidados em uma sessão monitorada pela autora e que tomou notas das impressões dos jogadores durante a sessão. Antes e após o fim da partida, foi aplicado o questionário anônimo avaliativo de forma online elaborado durante a execução da metodologia para mensurar o grau de conhecimento e as críticas. Essa etapa tornou-se fundamental para identificar possíveis falhas durante o jogo e analisar seu potencial educativo.

Etapas 6 - Análise das avaliações e ajustes finais do protótipo

Por fim, realizou-se a análise das avaliações dos participantes convidados a jogar a fim de aperfeiçoar o jogo com as críticas, dúvidas ou dificuldades percebidas para submeter o jogo a um último ajuste nas regras, mecânicas e componentes, com o objetivo de garantir que ele se tornasse mais funcional e educativo, resultando em uma versão final consolidada.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Componentes do jogo

O jogo, denominado Drenagem em Ação, foi elaborado para um grupo de cinco a seis jogadores para ser jogado de maneira colaborativa, não permitindo cenários de vitória individual. Os personagens que podem ser assumidos representam os cidadãos e partes interessadas na gestão da drenagem urbana, encarregados de gerir a realidade local. A alocação dos participantes em diferentes personagens garante maior envolvimento, pois cada um assume habilidades distintas e representa diferentes interesses, criando um ambiente de debate entre os jogadores.

Logo, as opções disponíveis para a escolha são: um prestador do serviço, um administrador, um comerciante, um regulador e dois moradores. Porém, para as partidas com apenas cinco jogadores, apenas um personagem morador é inserido no jogo, contudo, quando os dois personagens de moradores estavam presentes, eles deviam jogar em dupla, realizando as ações equivalentes a apenas um jogador.

Cada personagem possui características e ações distintas durante a partida, o prestador é o responsável pelo pagamento das soluções públicas, podendo instalar até duas soluções por rodada, desde que em zonas diferentes. O administrador é encarregado pelo orçamento dos recursos

públicos e, por rodada, pode financiar metade do preço de uma solução para outro jogador, além de ignorar uma penalidade. Já o morador implementa as soluções residenciais, ganhando +1 ponto social quando uma Solução Baseada na Natureza (SbN) é instalada, contudo, paga-se um adicional de 2 mil unidades monetárias em soluções convencionais caso não tenha sido instalada uma SbN previamente.

Por outro lado, o comerciante é responsável pelas soluções nas áreas comerciais, e perde três pontos sociais caso possua apenas soluções tradicionais em sua zona. Por fim, o regulador tem o poder de vetar ações de outros jogadores para garantir que as soluções atendem às normas e padrões, sendo também o responsável por conduzir as cartas de eventos.

O jogo foi composto por cartas de soluções de drenagem numeradas e categorizadas por cores: do 1 ao 8 em verde (soluções comerciais); 9 ao 21 em azul (soluções domésticas); e de 22 a 38 em amarelo (soluções públicas). Cada carta apresenta o nome da solução, a área de aplicação, um breve resumo de sua função, ilustração e informações técnicas específicas.

O tabuleiro foi dividido em diferentes zonas com capacidades máximas específicas. As *zonas residenciais A e B* comportam até duas soluções cada, já a *zona comercial C* abrange três soluções. Por outro lado, as zonas públicas foram subdivididas em zonas específicas: as zonas da *via principal D*, *vias locais E* e de *área verde H* acomodam até três soluções cada. Por fim, as *zonas de calçadas F* e *utilitária G* podem conter até duas soluções. Ademais, o tabuleiro também possui um medidor de alagamento com dez marcações, um contador de rodadas, representado como anos, e a indicação do sentido do escoamento da água. A Figura 2 apresenta o modelo visual de uma carta de solução comercial com suas especificações (A) e a configuração do tabuleiro final do jogo (B).

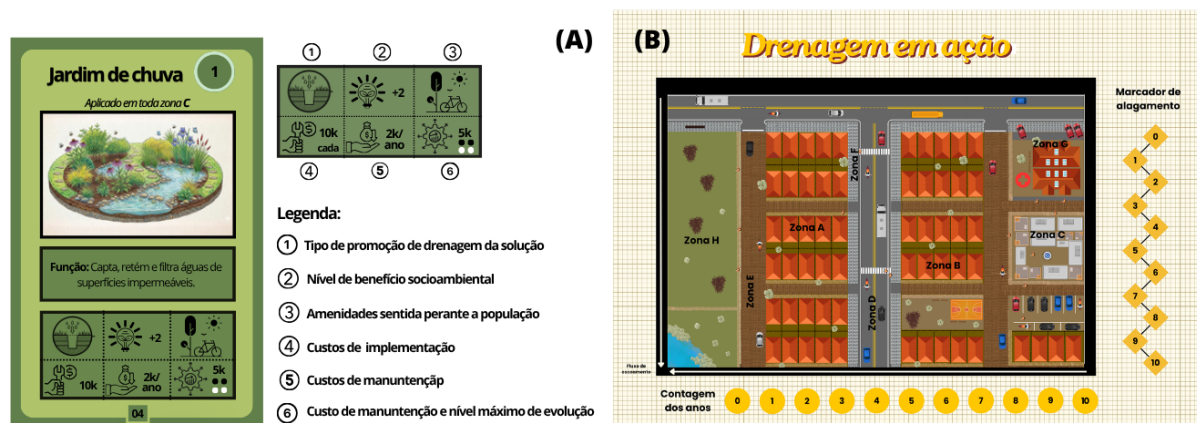


Figura 2 – Exemplo de carta de solução comercial com suas especificações (A) e visão do tabuleiro final do jogo (B)

Complementam o jogo outros componentes essenciais, como cartas de seguros e eventos, marcadores de consequências do Tempo de Retorno (TR), cartas-resumo, dinheiro fictício, fichas representativas das soluções e marcadores de danos e de falta de manutenção.

Configurações do jogo

O jogo inicia-se com a escolha dos papéis a serem exercidos pelos jogadores e montagem do tabuleiro e seus elementos. A primeira etapa consiste na fase de preparação, que corresponde aos anos zero e um nos quais não ocorrem consequências negativas resultantes das decisões dos jogadores. A partir do ano 2 e até o ano 10, os jogadores sofrem coletivamente as consequências (descritas em cartas) de suas decisões e da ocorrência de evento de chuva com diferentes TR (sorteados com uso de roleta).

Assim, o jogo é dividido em seis partes, sendo a primeira de manutenção, na qual se coloca um marcador para cada solução existente e contabilizam-se os pagamentos das mesmas, se pago, o marcador é retirado, caso contrário, passa para as próximas fases e ele contabilizará como um dano.

A etapa seguinte é o momento em que os jogadores podem comprar as soluções, da mesma forma que é feito na fase de preparação. As soluções não escolhidas voltam para os respectivos montes. Nesta fase, também os jogadores podem fazer o upgrade das suas soluções, desde que já tenham sido compradas em fases anteriores, e também podem utilizar as cartas de seguros a qualquer momento do jogo respeitando as três ajudas no máximo por carta.

Já na terceira etapa, há um sorteio com uso de uma roleta para representar o TR da chuva. A roleta foi dimensionada para representar probabilidades decrescentes para os TRs 2, 10, 25 e 50. O valor sorteado representa simplificaradamente a maior chuva ocorrida no ano anterior.

Na sequência, a quarta etapa representa a fase das consequências, na qual é sorteada uma carta de consequência para o respectivo TR e lidas as instruções, sendo que, para cada zona, será contabilizado o dano sofrido de acordo com o nível em que se encontra a região. Para a determinação do nível de proteção, soma-se o valor correspondente a cada carta de solução daquela zona, localizado no canto superior direito das cartas, sendo que o nível zero não fornece proteção, enquanto o nível 1 traz proteção para TR 2, o nível 2 para TR 10, o nível 3 para TR 25 e o nível 4 ou mais para TR 50.

Então, colocam-se marcadores de danos, sendo que, caso uma zona atinja quatro marcadores, ela recebe um marcador de alagamento, o mesmo ocorre com as zonas adjacentes a jusante se a zona a montante atingir quatro marcadores, fazendo com que o dano irradie para estas outras regiões. Estes marcadores podem ser todos retirados pagando-se o valor da manutenção

imediatamente, contudo, essa ação deve ser realizada antes da fase de manutenção regular para que não se desencadeiem mais marcadores de alagamento. Caso não seja feita manutenção regular, o marcador de alagamento será mantido.

Posteriormente na quinta etapa, o regulador executa uma das cartas de desafios a ser realizada naquele momento pelos jogadores e, por fim, na sexta e última etapa, todos os jogadores recebem seus pagamentos anuais e passam para a próxima rodada. A Figura 3 ilustra as etapas em uma rodada do jogo.

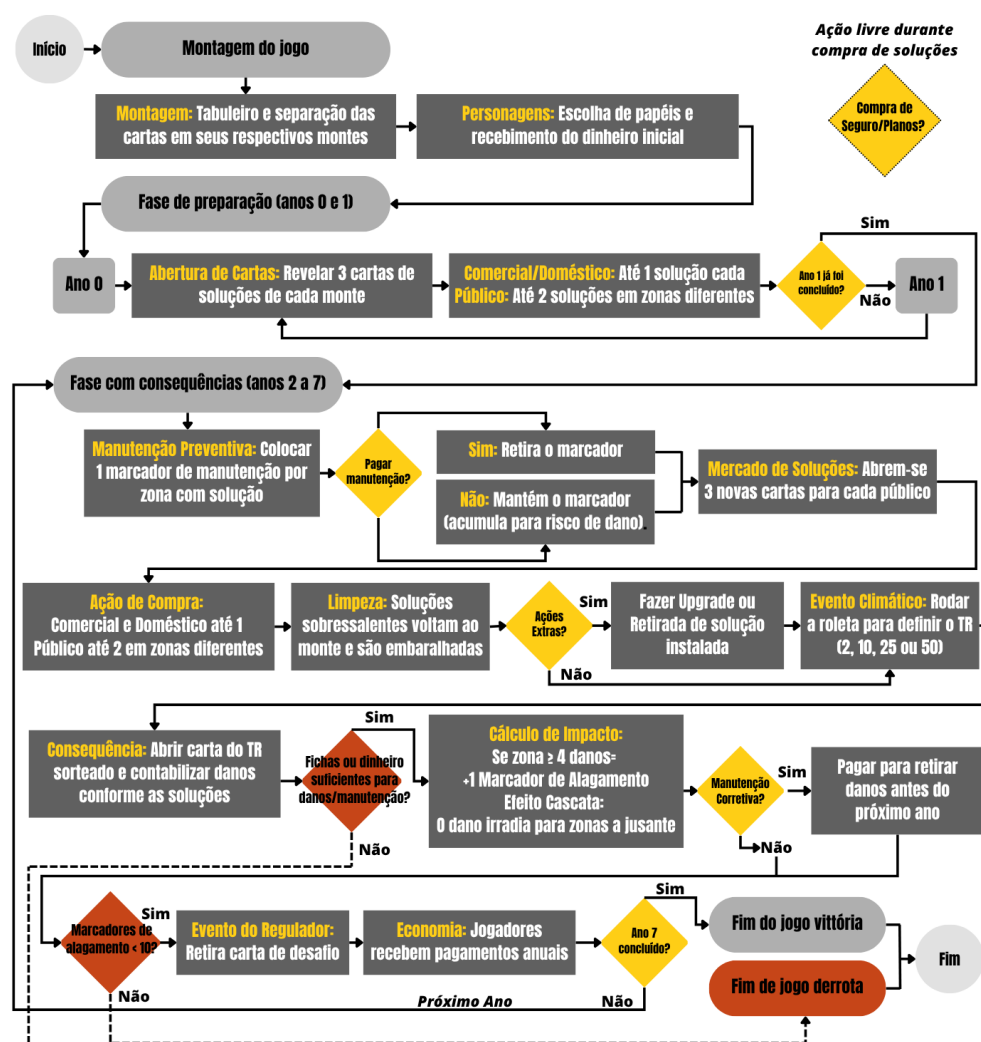


Figura 3 – Fluxograma das regras e modo de vitória ou derrota

Condições de vitória e derrota

Os jogadores vencem ao completarem 10 rodadas sem que ocorra nenhum dos três casos de derrota que são: 1) o marcador de alagamento atingir valor 10 ao final do jogo; 2) os jogadores não possuírem mais recursos para manutenção e pagamento de seus prejuízos; ou 3) a falta de fichas

disponíveis no tabuleiro para representar danos e ou manutenção das soluções. Caso qualquer uma dessas condições ocorra, o jogo é finalizado e todos são perdedores.

Se vitoriosos, somam-se os pontos de benefício socioambiental das soluções adotadas e descontam-se os valores negativos e o número de marcadores de alagamento adquiridos e o resultado é comparado com a tabela de pontuação. Ao final, os jogadores são convidados a discutirem coletivamente as estratégias e soluções implementadas.

Avaliação do jogo em fase de teste

O jogo foi testado inicialmente com cinco alunos do curso de Engenharia Ambiental da Universidade de Brasília, dos quais todos declararam possuir conhecimento acerca de drenagem urbana, seja por experiências profissionais na área, seja apenas por base teórica. Durante a partida, as escolhas dos participantes foram totalmente livres, sem que a mediadora interferisse de maneira significativa além da retirada de dúvidas, embora a presença de um mediador para que o jogo aconteça não seja obrigatória, visto que o jogo possui manual próprio. Além disso, durante o teste foram documentadas as interações entre jogadores, as estratégias adotadas e a compreensão das regras, dos personagens e dos objetivos do jogo.

Após o encerramento, os participantes forneceram depoimentos no questionário sobre a experiência em uma escala de envolvimento, nível educativo e jogabilidade, constatando-se na análise dos formulários que o jogo possui alto nível educativo e estimulante, entretanto, notou-se que era difícil alcançar a vitória. As razões apresentadas para tal dificuldade seriam os valores monetários usados nos testes, a quantidade limitada de fichas de danos e manutenções disponíveis e a necessidade de que as zonas estivessem escritas no próprio tabuleiro. Assim, todas as sugestões de melhorias levantadas foram corrigidas, identificando-se que ainda existe espaço para aprimoramento quanto à clareza das mecânicas, à forma de reprodução, à função de cada personagem e à expansão das cartas utilizadas.



Figura 4 – Rodada experimental do jogo Drenagem em Ação com os universitários

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho desenvolveu o jogo Drenagem em Ação que se encontra em fase de teste e parametrização. A análise do feedback dos participantes demonstrou a compreensão sobre a complexidade do gerenciamento de DMAPU e das entidades envolvidas perante as consequências da impermeabilização do solo urbano, a gestão de recursos e a necessidade de uma governança fortalecida e integrada entre os atores.

Além disso, por se tratar de um protótipo de jogo sério, é necessário que este seja testado com diversas categorias de público-alvo. Está prevista a realização de teste do jogo com servidores do órgão regulador e do prestador do serviço de drenagem do Distrito Federal. Esta ação tem como objetivo verificar a adequação das regras e parâmetros adotados no jogo a fim de aprimorá-lo para ser usado como uma ferramenta de educação para tomada de decisão sobre drenagem pública e impactos do uso de dispositivos na escala de lote como um ecossistema interligado.

REFERÊNCIAS

- BRASIL (2025). BRASIL. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Resolução ANA nº 245, de 17 de março de 2025. Aprova a Norma de Referência nº 12/2025 sobre a estruturação dos serviços públicos de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas. Brasília. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/legislacao/resolucoes/resolucoes-regulatorias/2025/245>
- BRASÍLIA (2024). Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal. Plano Distrital do Saneamento Básico. Brasília. Disponível em: <https://s3.caesb.df.gov.br/www/prod/site1/2024/07/plano-distrital-saneamento-basico-SL.pdf>
- MITTAL, A.; VAN DER WERF, J.; SCHOLTEN, L.; KAPELAN, Z. (2025). “The Urban dRain game: Co-developing stormwater management solutions at neighbourhood scale”. Blue-Green Systems 7(1), pp. 188–209. [10.2166/bgs.2025.047](https://doi.org/10.2166/bgs.2025.047)
- KHOURY, M.; EVANS, B.; CHEN, O.; CHEN, A. S.; VAMVAKERIDOU-LYROUDIA, L.; SAVIC, D. A.; DJORDJEVIC, S.; BOUZIOTAS, D.; MAKROPOULOS, C.; MUSTAFEE, N. (2023). “NEXTGEN: A serious game showcasing circular economy in the urban water cycle”. Journal of Cleaner Production 391, 136000. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136000>
- NGUYEN, J.; MITTAL, A.; KAPELAN, Z.; SCHOLTEN, L. (2024). “SuDSbury: A serious game to support the adoption of sustainable drainage solutions”. Urban Water Journal 21(2), pp. 204–218. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2023.2284958>

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos jogadores que participaram das sessões de teste e forneceram suas impressões, contribuindo para o aperfeiçoamento do jogo.