

PROPOSTAS DE ADOÇÃO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS NO ENSINO DE CONSTRUÇÃO¹

LEAL, Bianca M. F., Universidade Federal do Rio de Janeiro, email: bianca.leal@ufrj.br;
SALGADO, Mônica S., Universidade Federal do Rio de Janeiro, email: monicassalgado@ufrj.br

ABSTRACT

Technologies have significantly altered construction and teaching. However, it is observed that universities are not following the speed of changes, both in curriculum updating and in teacher training. Thus, it is necessary to rethink the training of future professionals so that they enjoy to the maximum the potential offered by technologies in the various fields of architecture and urbanism. In this sense, this paper presents part of the results obtained with the master's research that had as objective to study the alternatives that can be adopted by the professors of the course of architecture and urbanism through the use of digital technologies. In this text will explore the possibilities offered to teaching 'construction'. The technologies used as research cut-off were Building Information Modeling (BIM), Augmented Reality, Virtual Reality, Rapid Prototyping and Digital Manufacturing. The methods adopted were Systematic Review of Literature and literature review without meta-analysis. The results presented tested means and little explored possibilities of use of technologies in the teaching of 'construction'. This study provides a theoretical contribution to the improvement of architectural and urban teaching and, at the same time, it is hoped to encourage teachers to incorporate technologies in the 'building' disciplines.

Keywords: Teaching of 'construction'. BIM. Augmented reality. Virtual reality. Rapid Prototyping.

1 INTRODUÇÃO

Com as revoluções industriais, as tecnologias passaram a ser disseminadas em diferentes áreas do conhecimento da sociedade e, também, alteraram significativamente a construção civil e o ensino. Contudo, observa-se que as universidades não estão acompanhando a velocidade das mudanças, tanto na atualização do currículo como na formação dos professores (CARVALHO; SAVIGNON, 2012). Dessa forma, torna-se necessário repensar a formação dos futuros profissionais para que eles desfrutem ao máximo do potencial oferecido pelas tecnologias digitais nos diversos campos da arquitetura e urbanismo.

Todavia, antes é importante conhecer as tecnologias que se destacam. Segundo Ferracane (2015), um dos avanços tecnológicos fundamentais é a impressão 3D - também conhecida como Prototipagem Rápida (PR) e Fabricação Digital (FD) -, que se refere à transferência de dados de um modelo digital para uma máquina de controle numérico (CNC) para produção de elementos em escala reduzida (PR) ou em escala real (FD) (PUPO, 2016). Além disso, o *Building Information Modeling* (BIM) é apontado como uma das alternativas que está transformando a construção civil e,

¹ LEAL, Bianca M. F., SALGADO, Mônica S. Propostas de adoção de tecnologias digitais no ensino de construção. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2018.

segundo Eastman et al. (2014), se refere uma atividade humana que gerencia e produz dados da construção ao longo de todo o seu ciclo de vida. Da mesma forma, de acordo com Braidá, Colchete Filho e Maya-Monteiro (2006), as Realidades Virtuais e Aumentadas também trazem possibilidades para o ensino de arquitetura, análise de projeto, análise estrutural, entre outros. Portanto, as Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) selecionadas como recorte dessa pesquisa foram BIM, Realidade Aumentada (RA), Realidade Virtual (RV), Prototipagem Rápida (PR) e Fabricação Digital (FD).

Ao destacar algumas tecnologias, Celani et al. (2017, p. 30) ressaltam que a incorporação de tecnologias “no ensino de arquitetura no Brasil ainda se dá de maneira pulverizada, por meio de disciplinas que vão sendo adicionadas ao currículo de maneira isolada e com foco no ensino do software”. Conseqüentemente, o uso de tecnologias não tem sido empregado na exposição dos conteúdos próprios à formação em arquitetura e urbanismo.

Paralelamente, as Diretrizes Curriculares Nacionais de 2010 (MEC, 2010) apresentam grandes áreas do ensino de arquitetura para os cursos de Arquitetura e Urbanismo no país. Esse trabalho tratará sobre as áreas ‘tecnologia da construção’ e ‘sistemas estruturais’, que são chamadas na pesquisa de áreas de ‘construção’.

Nesse sentido, o presente artigo apresenta parte dos resultados obtidos com a pesquisa de mestrado que teve por objetivo estudar as alternativas que podem ser adotadas pelos professores do curso de arquitetura e urbanismo, através da utilização das tecnologias digitais citadas (BIM, RA, RV, PR e FD). Neste texto serão exploradas as possibilidades oferecidas ao ensino de ‘construção’.

Para isso, a pesquisa foi realizada em três etapas: (1) fundamentação teórica; (2) Revisão Sistemática de Literatura (RSL); (3) revisão de literatura sem meta-análise. A segunda etapa apresentou um panorama de utilização de TICs no ensino de ‘construção’ e também serviu de base para a terceira etapa que apontou alternativas de uso de tecnologia pouco exploradas no meio acadêmico.

2 EXPERIÊNCIAS DIDÁTICAS UTILIZANDO TICs NO ENSINO

Na realização da RSL, o recorte amostral considerado para essa pesquisa foi artigos de periódicos, congressos, teses e dissertações publicados nos últimos dez anos (2007 a 2017), que relatam sobre experiências didáticas que incorporam TICs (BIM, RA, RV, PR e FD) no ensino dos conteúdos de arquitetura e urbanismo. As fontes consultadas foram revista Ambiente Construído, revista PARC, revista Gestão & Tecnologia de Projetos, Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações do IBICT, congresso TIC, GRAPHICA, ENTAC, SBQP e base de dados CumInCAD. As palavras-chave utilizadas na busca foram BIM, *Building Information Modeling*, realidade aumentada, *augmented reality*, realidade virtual, *virtual reality*, prototipagem rápida, *rapid prototyping*, fabricação digital e *digital manufacturing*.

Entre os autores que discutem as possibilidades oferecidas pelas tecnologias digitais no ensino de 'construção', Kubicki et al. (2012, p. 87, nossa tradução) tratam sobre a aplicação da simulação 4D para auxiliar na *"compreensão de simulação da sequência de montagem da construção, a fim de confrontar o aluno com a análise das características dos projetos existentes e com problemas de gestão da construção"*.

Neiva Neto e Ruschel (2015) propõem o desenvolvimento de projeto de fôrma de madeira na plataforma BIM. Esse experimento foi usado para o ensino de técnicas construtiva, mas pode ser empregado no ensino de outros conteúdos como sistemas construtivos, instalações e equipamentos prediais, organização de obras e canteiros, implantação de infraestrutura urbana, sistemas estruturais, domínio da concepção e do projeto estrutural, estabilidade das construções e fundação.

Mokhtar (2007) utiliza o software BIM Autodesk® Architectural Desktop como meio de aprendizagem de sistemas estruturais durante a prática de projeto, uma vez que o autor acredita que a dificuldade da maioria dos alunos é de selecionar e adequar um sistema construtivo apropriado às condições de determinado projeto.

Basto e Lordsleem Junior (2016) descreveram uma experiência de ensino de BIM ministrada nos EUA que capacitava os alunos em diferentes programas para trabalhar temas como *"modelagem, logística do canteiro de obras, navegação no modelo, detecção de conflitos entre sistemas, instalações e componentes do projeto, gestão de atividades e funcionalidades, e cronograma de obras (modelo 4D)"*.

Behzadan, Vassigh e Mostafavi (2016) realizaram uma experiência com o aplicativo chamado Skope, que fornece acesso a um modelo BIM sensível a localização permitindo a sobreposição desse modelo em um edifício do mundo real. Com isso, os alunos podem interagir com diferentes parâmetros do modelo e podem compreender o funcionamento do edifício. Os mesmos autores testaram outro aplicativo nomeado AR Magic Book, que utiliza RA para potencializar a aprendizagem com o material didático ao posicionar o aplicativo para o livro exibindo conteúdos pedagógicos adicionais.

Stange (2012) desenvolveu um protótipo de RV não imersivo onde o usuário realiza um treinamento virtual de montagem de uma fôrma para moldar um pilar de concreto armado. A intenção do experimento foi de transmitir conhecimento sobre técnicas construtivas usando RV.

Quintella, Ferreira e Florêncio (2016) identificam experiências educacionais de construção de pavilhões temporários através de fabricação digital. Os autores (p. 320) destacam que *"a natureza temporária do pavilhão cria uma oportunidade para testar novos materiais e processos construtivos, mas também para experimentar ideias teóricas e conceituais"*.

Entre as tecnologias pesquisadas no universo explorado da RSL, o estudo apontou uma tendência de uso de BIM no ensino de 'construção' em comparação com as demais TICs. Da mesma forma, RA, RV, PR e FD também

possuem potencial de serem exploradas no ensino de 'construção', sendo assim um assunto que necessita de pesquisas adicionais.

3 POSSIBILIDADES POUCO EXPLORADAS NO ENSINO DE ARQUITETURA

O método utilizado para desenvolver essa parte da pesquisa foi elaborado com base na revisão de literatura sem meta-análise, de artigos que abordam sobre diferentes aplicações de TICs no campo da arquitetura e urbanismo e que podem ser adaptados no meio acadêmico.

Uma das alternativas a serem adotadas no ensino de 'construção' é citada por Cunha (2016) que desenvolveu um modelo BIM e o divulgou em um site, que pode ser utilizado pelos docentes para demonstrar o processo construtivo a partir da visualização por elementos do modelo (habilitar apenas os pilares, fundação, piso, etc.).

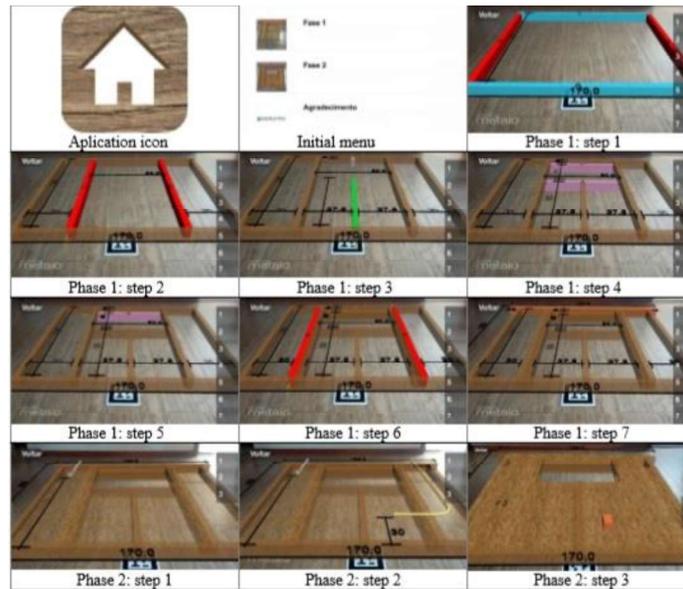
Em trabalho anteriormente desenvolvido apresentou-se a possibilidade de uso de aplicativos BIMx ou A360 para facilitar a compreensão de projetos de fôrma, armação e instalações prediais devido a sua facilidade de migração de uma planta baixa ou corte para o modelo 3D (LEAL; SALGADO; SILVOSO, 2018).

Cuperschmid, Grachet e Fabrício (2016) desenvolveram um aplicativo de RA associado a um modelo BIM para funcionar como um tutorial na montagem de uma parede pré-fabricada (Figura 1). Da mesma forma, os professores podem utilizar a RA para realizar ensaios em laboratório onde os alunos possam vivenciar a construção de um trecho de uma edificação.

Assis, Brochardt e Andrade (2016) descrevem soluções para uso de RA em canteiro de obras (marcadores impressos, *markless tracking* e *markless augmented reality*). Essas soluções viabilizam uma visita a obra ou construção finalizada com apoio de RA para mostrar a comunicação entre as instalações prediais e sua relação e posicionamento em relação a arquitetura, estrutura, exaustão e outros.

Netto, Machado e Oliveira (2002, p. 26) citam dois autores, Dupont (1994) e Vince (1995), que descrevem o uso de RV, que podem levar ao uso de simulações para avaliar o comportamento de edificações sob efeito de terremotos, ventos fortes, enchentes e outras situações adversas, além de testar a forma que a construção se comporta em caso de demolição e, em seguida, fazer alterações na estrutura prevenindo sua demolição.

Figura 1 – Aplicativo "montAR": passos para montar a parede



Fonte: Cuperschmid, Grachet e Fabrício (2016)

Grilo et al. (2001, s.p.) acrescentam que ambientes imersivos com “*percursos interativos permitem um nível de compreensão do projeto superior ao das representações bidimensionais ou dos modelos tridimensionais*”. Dessa forma, os projetos de instalações prediais e de estrutura poderiam ser melhor compreendidos pelos alunos se houvesse uma experiência de RV combinando a visualização tridimensional dos componentes da edificação com a visualização bidimensional de planta e/ou corte.

Carvalho et al. (2017) criaram módulos de uma edificação, caminhões e guindastes na escala 1/50 para ajudar no entendimento do transporte, içamento e montagem da construção (Figura 2). Usando essa perspectiva, a PR pode ser utilizada para a compreensão de técnicas e sistemas construtivos modular e/ou convencional, fundações, diferentes sistemas estruturais, instalações e equipamentos prediais, organização de obras e canteiros bem como a implantação de infraestrutura urbana.

Figura 2 – Protótipos em escala 1/50



Fonte: Carvalho et al. (2017)

Existem outras possibilidades não mencionadas nesse texto que podem ser adaptadas ao meio acadêmico, tais como aplicações de BIM citadas por Barazzetti et al. (2015) e Leal, Salgado e Silvosos (2018); de Realidade Aumentada, Thomas, Piekarski e Gunther (2006 apud AMIM, 2007); de Realidade Virtual, Netto, Machado e Oliveira (2002) ao citar os autores Bryson (1991-93), Bajura (1992) e Hand (1994); de Prototipagem Rápida, Rodrigues, Pinto, Rodrigues (2010), Leal, Salgado e Silvosos (2018) e Savignon, Salgado e Lassance (2012); e de Fabricação Digital, Quintella, Ferreira e Florêncio (2016).

4 CONCLUSÕES

A pesquisa revelou que BIM, RA, RV, PR e FD podem ser utilizados para tratar sobre tecnologia da construção e sistemas estruturais. Assim, esse artigo teve o propósito de apresentar alternativas testadas e outras, pouco exploradas de uso de TICs no ensino de 'construção'.

Acredita-se que para a inserção de tecnologia no ensino de arquitetura deve haver uma combinação entre métodos tradicionais de ensino e métodos utilizando tecnologias digitais. As TICs podem ser utilizadas para suprir limitações e falhas do método tradicional de ensino que impedem, por exemplo, a integração de conteúdos de disciplinas específicas. Assim, as propostas sugeridas não demandam alterações na grade curricular do curso.

Por fim, este estudo proporciona uma contribuição teórica para a melhoria do ensino de arquitetura e urbanismo e, ao mesmo tempo, espera-se estimular os professores a incorporarem tecnologias nas disciplinas de 'construção'.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à CAPES pela bolsa de mestrado e ao CNPq pela bolsa de produtividade em pesquisa.

REFERÊNCIAS

AMIM, Rodrigo R. **Realidade aumentada aplicada à arquitetura e urbanismo**. 2007. 120f. Dissertação (Mestrado) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2007.

ASSIS, Jonas H. G. de; BROCHARDT, Mikael M. de S.; ANDRADE, Max L. V. de. Aplicações de Realidade Aumentada no canteiro de obras: proposta de utilização na visualização de projetos de instalações para a execução. *In: SOCIEDAD IBEROAMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL, SIGRADI*, 20., 2016, Buenos Aires. **Proceedings...** Buenos Aires: 2016. p. 662-667.

BARAZZETTI, Luigi et al. Cloud-to-BIM-to-FEM: Structural simulation with accurate historic BIM from laser scans. **Simulation Modelling Practice and Theory**. v. 57, p. 71-87, set. 2015. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1569190X15000994>>. Acesso em 13 jan. 2017.

BASTO, Priscilla E. de A; LORDSLEEM JUNIOR, Alberto C. O ensino de BIM em curso de graduação em engenharia civil em uma universidade dos EUA: estudo de caso.

Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 16, n. 4, p. 45-61, out./dez. 2016. Disponível em: <<http://www.seer.ufrgs.br/index.php/ambienteconstruido/article/view/64069/38281>>. Acesso em: 23 ago. 2017.

BEHZADAN, Amir H; VASSIGH, Shahin; MOSTAFAVI, Ali. Teaching millennials with augmented reality: cases from the U.S. education system. **PARC Research in Architecture and Building Construction**, Campinas, SP, v. 7, n. 4, p. 265-272, dec. 2016. ISSN 1980-6809. Disponível em: <<http://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8649284>>. Acesso em: 08 ago. 2017. doi: <http://dx.doi.org/10.20396/parc.v7i4.8649284>.

BRAIDA, Frederico; COLCHETE FILHO, Antônio; MAYA-MONTEIRO, Patrícia. Inovações tecnológicas na Arquitetura e no Urbanismo: desafios para a prática projetual. In: Congresso da Associação Portuguesa para o Desenvolvimento das Regiões, 12., 2006. **Anais...** Disponível em: <http://www.ufjf.br/frederico_braida/files/2011/02/2006_Inova%C3%A7%C3%B5es-tecnol%C3%B3gicas-na-Arquitetura.pdf>. Acesso em: 19 abr. 2017.

CARVALHO, Bruno S. et al. Planejamento para construções modulares por meio de BIM e prototipagem rápida – PMCON. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 5., 2017, João Pessoa. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC.2017. p. 1-14.

CARVALHO, Ramon S. de; SAVIGNON, Affonso P. de. O professor de projeto de arquitetura na era digital: desafios e perspectivas. **Gestão e Tecnologia de Projetos**. São Carlos, v. 6, n. 2, p. 04-13, jan. 2012.

CELANI, Gabriela et al. Integração de tecnologias CAD/CAE/CAM no ateliê de arquitetura: Uma aplicação no projeto de edifícios altos. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, São Carlos, v.12, n.1, p. 29-52, 2017.

CUNHA, Marco A. B. **Preservação do patrimônio arquitetônico: reconstrução digital do CPA Balbina – Arq. Severiano Mario Porto**. 2016. Trabalho de conclusão de curso – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2016.

CUPERSCHMID, Ana R. M.; GRACHET, Marina. G.; FABRÍCIO, Márcio M. Development of an Augmented Reality environment for the assembly of precast wood-frame wall from the BIM model. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 16, n. 4, p. 63-78, out./dez. 2016.

EASTMAN, Chuck et al. **Manual de BIM**: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. Porto Alegre: Bookman, 2014. 483 p.

FERRACANE, Martina F. Manufacturing the future: Industry 4.0. In: **ECIPE - European Centre for International Political Economy**, jun. 2015. Disponível em: <<http://ecipe.org/blog/manufacturing-the-future/>>. Acesso em: 19 abr. 2017.

GRILO, Leonardo et al. **Possibilidades de aplicação e limitações da realidade virtual na arquitetura e na construção civil**. Universidade Federal de São Paulo,

2001. Disponível em:

<https://www.researchgate.net/publication/228522928_Possibilidades_de_aplicacao_e_limitacoes_da_realidade_virtual_na_arquitetura_e_na_Construcao_Civil>. Acesso em: 05 mai. 2017.

KUBICKI, Sylvain et al. 4D Modeling and Simulation for the Teaching of Structural Principles and Construction Techniques. In: EDUCATION AND RESEARCH IN COMPUTER AIDED ARCHITECTURAL DESIGN IN EUROPE, eCAADe, 30., 2012, Praga. **Proceedings...** República Checa: Czech Technical University in Prague, 2012.

Disponível em:

<https://cumincad.architexturez.net/system/files/pdf/eacaade2012_157.content.pdf>. Acesso em: 24 ago. 2017.

LEAL, Bianca M. F. **Propostas para o ensino dos conteúdos de arquitetura e urbanismo através de ferramentas digitais**. 2018. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Programa de Pós-graduação em Arquitetura (PROARQ), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

LEAL, Bianca M. F.; SALGADO, Mônica S.; SILVOSO, Marcos M. Impact of fourth industrial revolution in architecture undergraduate course. In: ZERO ENERGY MASS CUSTOM HOME, ZEMCH, 2018, Melbourne. **Proceedings...** Melbourne: ZEMCH Network, 2018. p. 403-415.

MEC - MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Resolução nº 2, de 17 de junho de 2010**. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo, alterando dispositivos da Resolução CNE/CES nº 6/2006. Ministério da Educação, 2010. Disponível em:

<http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=5651-rces002-10&category_slug=junho-2010-pdf&Itemid=30192>. Acesso em: 31 mai. 2016.

MOKHTAR, Ahmed. BIM as learning media for building construction. In: COMPUTER-AIDED ARCHITECTURAL DESIGN RESEARCH IN ASIA, CAADRIA, 12., 2007, Nanquim.

Proceedings... China: Southeast University and Nanjing University, 2007. Disponível em: <http://papers.cumincad.org/data/works/att/caadria2007_119.content.pdf>.

Acesso em: 27 dez. 2017.

NEIVA NETO, Romeu da S.; RUSCHEL, Regina C. BIM aplicado ao projeto de fôrmas de madeira em estrutura de concreto armado. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 15, n. 4, p. 183-201, out./dez. 2015.

NETTO, Antonio V.; MACHADO, Liliane dos S.; OLIVEIRA, Maria C. F. de. Realidade Virtual: definições, dispositivos e aplicações. **Revista Eletrônica de Iniciação Científica**, REIC, v. 2, n. 1, mar. 2002. Disponível em:

<https://www.researchgate.net/profile/Antonio_Valerio_Netto/publication/252019436_Realidade_Virtual_-_Definicoes_Dispositivos_e_Aplicacoes/links/572355a808ae262228aa664c/Realidade-Virtual-Definicoes-Dispositivos-e-Aplicacoes.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2018.

PUPPO, Regina T. Fabricação digital. In: BRAIDA, F. et al. **101 Conceitos de Arquitetura e Urbanismo na Era Digital**. São Paulo: ProBooks, 2016. p. 98-99.

QUINTELLA, Ivvy P. C. P.; FERREIRA, Ítalo C.; FLORÊNCIO, Eduardo Q. Making pavilions: Os pavilhões temporários no contexto das faculdades de arquitetura e urbanismo. In: SOCIEDAD IBEROAMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL, SIGRADI, 20., 2016, Buenos Aires. **Proceedings...** Buenos Aires: 2016. p. 318-325.

RODRIGUES, Claudia S. C.; PINTO, Ricardo A. M.; RODRIGUES, Paulo F. N. Uma aplicação da Realidade Aumentada no ensino de modelagem dos sistemas estruturais. **Revista Brasileira de Computação Aplicada**, Passo Fundo, v.2, n. 2, p. 81-95, set. 2010.

SAVIGNON, Affonso; SALGADO, Mônica S.; LASSANCE, Guilherme. Repensando o uso de protótipos na construção de edifícios. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, ENTAC, 14., 2012, Juiz de Fora. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2012. p. 4139-4145.

STANGE, Fabiano P. **Protótipo de ambiente virtual educacional para atividade típica da construção civil brasileira**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal do Paraná, Paraná.