

DESENVOLVIMENTO DE AMBIENTE DE REALIDADE VIRTUAL PARA ENSINO/ CAPACITAÇÃO TÉCNICA NA ÁREA DE MANUTENÇÃO ELETROMECHANICA FERROVIÁRIA.

Danieli Soares de Oliveira – danieli@ifes.edu.br

IFES-ES

Rodovia Governador José Sette, 184 – Itacibá

29.150-410 – Cariacica – ES

Henrique Seibert de Barcellos – henriquebarcellos123@gmail.com

IFES-ES

Rodovia Governador José Sette, 184 – Itacibá

29.150-410 – Cariacica – ES

Israel Soares da Silva Júnior – israelssilva16jrjunior@gmail.com

IFES-ES

Rodovia Governador José Sette, 184 – Itacibá

29.150-410 – Cariacica – ES

Kaique de Oliveira Barcellos – kaiquedeoliveirabarcellos@gmail.com

IFES-ES

Rodovia Governador José Sette, 184 – Itacibá

29.150-410 – Cariacica – ES

Rodolfo Ribeiro Gomes – rodolfo@ifes.edu.br

IFES-ES

Rodovia Governador José Sette, 184 – Itacibá

29.150-410 – Cariacica – ES

Renan Carreiro Rocha – renancarreiro@ifes.edu.br

IFES-ES

Rodovia Governador José Sette, 184 – Itacibá

29.150-410 – Cariacica – ES

Heiter Ewald – heiter@ifes.edu.br

IFES-ES

Rodovia Governador José Sette, 184 – Itacibá

29.150-410 – Cariacica – ES

Michel Bruno Taffner – michel@ifes.edu.br

IFES-ES

Rodovia Governador José Sette, 184 – Itacibá

29.150-410 – Cariacica – ES

Resumo: O avanço de ações em realidade virtual é notório nas diversas áreas do conhecimento, em especial na área educacional. O uso dessa tecnologia no ensino e treinamento de profissionais e discentes vem avançando no Brasil e muitas instituições (de ensino ou não) têm utilizado esta ferramenta no processo de ensino/ aprendizagem e na

capacitação técnica de profissionais. Este trabalho retrata a criação e utilização de ambiente de realidade virtual na área de manutenção ferroviária, baseando-se em três princípios: modelagem de elementos presentes no processo de manutenção, texturização dos objetos e criação do cenário (oficina de vagões). A aplicação inicial da plataforma virtual em discentes da área de manutenção eletromecânica ferroviária e engenharia de produção confirmou a hipótese de que os simuladores são de grande valia no processo de instrução em áreas tecnológicas, e que as ferramentas de modelagem tridimensional e texturização de objetos, quando aplicadas em conjunto com a realidade virtual para a visualização e interação, proporcionam alta imersividade nos treinamentos, possibilitando efeitos positivos na capacitação dos discentes.

Palavras-chave: Realidade virtual. Manutenção eletromecânica ferroviária. Inovação no ensino/aprendizagem.

1 INTRODUÇÃO

A indústria mundial tem adquirido, menos de vinte anos após o início do século XXI, características marcantes dos setores de tecnologia da informação e de automação, caminhando para um novo perfil de trabalho. A nova configuração trazida pela quarta revolução industrial tem se formado e disseminado com grande destaque, sendo denominada “Indústria 4.0”. De acordo com Oliveira e Simões (2017), a indústria 4.0 se constitui da digitalização, da conectividade e do fluxo de dados da operação industrial.

O trabalho apresentado em Exame (2016), ao abordar o perfil do profissional para a indústria 4.0, expôs que “técnicos deixarão de exercer funções repetitivas, como o encaixe de uma peça em um smartphone, por exemplo” e continuou “isso não significa, porém, que os funcionários serão eliminados das linhas de produção. Eles ficarão concentrados em tarefas estratégicas e no controle de projetos”. Para que as indústrias possam contar com profissionais com essa qualificação, a capacitação técnica deve ser aprimorada em seus setores. Assim, formas de ensino e treinamento que fazem uso de simulações, por meio da realidade virtual, tornaram-se especialmente importantes, sendo a simulação descrita como a imitação de um processo ou de um sistema do mundo real (Banks *et al*, 2001). Como exemplo, na aquisição de um brevê é indispensável que em sua formação o piloto passe por um simulador. De acordo com Proença (1988) “os simuladores tornaram-se uma arma importante de treino pois são uma forma segura de avaliar procedimentos e reconhecer falhas sem colocar em risco quer pessoas quer bens”. O mesmo é visto no contexto das indústrias, em que há equipamentos possivelmente perigosos. Diante disso e baseado em Bernardez (2015), “os simuladores são amplamente aplicados para treinamento e qualificação de funcionários, tendo assim, grande importância na área industrial”. De acordo com Santos e Leite (2010), ao abordar simulação em ambiente acadêmico, verificou-se que a simulação pode ser utilizada de forma didática como uma ferramenta de estudo e aprendizado para aproximar o acadêmico de situações que podem ocorrer no dia a dia, aproximando teoria e prática. Desta forma, o uso de um simulador torna-se importante para criar experiências prévias com a área técnica, antes do futuro profissional ir à planta.

Observando o surgimento de tal demanda, o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (Ifes), mais precisamente o *campus* Cariacica, deu início ao projeto de desenvolvimento de uma plataforma virtual 3D para capacitação em manutenção do sistema de freio de vagões GDE (tipo gôndola, que comporta minério de ferro) com o apoio da

empresa de maior atividade ferroviária no estado. Parte desse projeto será apresentado neste trabalho, que foi elaborado por desenvolvedores do simulador e discentes de áreas afins.

Torna-se interessante e útil, no contexto de criação de simuladores, o aprimoramento de técnicas de imersão e modelagem tridimensional. As técnicas desenvolvidas estão relacionadas com a elaboração e texturização dos elementos presentes na manutenção, cujos fundamentos fizeram parte do objetivo geral do trabalho.

Assim, para que o desenvolvimento desse projeto de simulação fosse eficiente e verossímil à realidade, três pilares foram considerados: as formas elaboradas (modelagem), as propriedades visuais dessas formas (texturização e iluminação) e o comportamento contextual da simulação (cenário).

Diante deste contexto, este trabalho visa construir um cenário/ambiente para simulação imersiva educacional de manutenção no sistema de freio em vagões GDE por meio do *software Blender*, baseando-se em conceitos eletromecânicos. Além disso, foram elaboradas ferramentas e outros elementos utilizados na simulação e presentes no ambiente de trabalho da oficina de vagões. Foi desenvolvida também a texturização dos materiais relacionados a esses elementos em uma área de manutenção de vagões na plataforma de realidade virtual, criando protótipos de materiais para os objetos da simulação e modelando as ferramentas utilizadas na manutenção de elementos eletromecânicos ferroviários.

2 METODOLOGIA

O início do desenvolvimento da plataforma virtual consistiu na utilização do *software* de modelagem tridimensional *Blender* (versão 2.79b, *software* livre), no qual foram realizados estudos iniciais, visando o aperfeiçoamento das técnicas necessárias para a elaboração da plataforma. Posteriormente, foram especificadas as ferramentas utilizadas na manutenção dos vagões, com o intuito de se obter as dimensões para a modelagem em si. Essa especificação ocorreu a partir de imagens e visitas técnicas à oficina de vagões da empresa parceira deste trabalho, que possui um grande pátio ferroviário na sua planta industrial.

Para os processos de texturização e iluminação foi novamente utilizado o *software Blender*. As imagens utilizadas como texturas foram obtidas a partir de fotos das superfícies dos objetos reais, por captação via internet de fotos livres de direitos autorais, por meio da compra de tais imagens e por criação de imagens próprias.

Após a modelagem e aplicação de texturas nos objetos de interação direta com o usuário da simulação, foi iniciada a criação do ambiente de simulação. A criação do ambiente foi baseada também em modelagem e texturização; porém, com níveis de detalhamento menores a fim de: 1) concentrar a atenção do usuário nos equipamentos e peças, e 2) não ultrapassar a capacidade de processamento gráfico permitido pelos computadores/ equipamentos utilizados.

Para o desenvolvimento das mecânicas do simulador, foi utilizado o *software* de desenvolvimento de jogos *Godot* (versão 3.0, *software* livre). O simulador foi executado em versão para testes utilizando sensores de movimento e controles, além do conjunto de *hardwares Oculus Rift* (que possui visor de realidade virtual e sensores de movimentos e controles próprios). A utilização do sistema de realidade virtual *Oculus Rift* para imersão foi de

grande importância para a interação com o ambiente e os objetos modelados, permitindo a análise de falhas e a obtenção de ideias de aperfeiçoamento do projeto. Além disso, foi necessário o entendimento da interação do *Blender* com o *Godot*, em função dos arquivos a serem exportados para o segundo *software*, de forma a manter as características imprescindíveis à simulação quando inseridos. A simulação desenvolvida faz uso de três princípios de extrema importância para a simulação da manutenção: modelagem, cenário e texturização.

A. Modelagem

No desenvolvimento da simulação foi definido que as ferramentas e os processos de interação direta com o usuário seriam prioridade, uma vez que são primordiais para o treinamento dos discentes e dos profissionais da manutenção, por estarem presentes em grande parte das atividades e por caracterizarem a primeira esfera de interação com o usuário. Com isso, esses elementos exigiam um nível de detalhamento maior do que os demais.

O primeiro passo no desenvolvimento de tais elementos foi a busca por modelar as formas existentes no contexto da manutenção dos vagões GDE. De acordo com Saga (2018), a modelagem é “basicamente o processo de criar um objeto com 3 dimensões, por meio de programas específicos para isso. Com essa técnica, é possível simular objetos, cenários e personagens em cenas animadas ou estáticas. Sua aplicação é destinada a diversas áreas, como cinema, jogos, arquitetura e ilustrações”.

Na modelagem, algumas características devem ser consideradas de forma especial. Dentre elas, a quantidade de vértices, arestas e faces presentes nos objetos deve ser observada e mantida no menor patamar possível para o detalhamento que se pretende alcançar, uma vez que os custos computacionais com o processamento gráfico de objetos com detalhamento acima do necessário prejudicam a mecânica da simulação. Outra característica importante é a aplicação correta de modificadores, scripts presentes no *Blender*, responsáveis por suavização, correlação entre objetos e outras funcionalidades relacionadas às formas e ao posicionamento dos objetos.

B. Texturização

Os elementos modelados, após terminados, passaram pelo processo de texturização e iluminação, no qual as características visuais foram trabalhadas para aproximar os objetos virtuais da aparência verificada na vida real.

Esse processo foi feito por meio da criação de materiais no *Blender*. Eles são agrupamentos de características estéticas como coloração, reflectância, transparência, translucidez e refração e podem até mesmo simular relevos com conceitos de renderização fisicamente baseada (*Physically Based Rendering, PBR*), onde há variações da imagem base em outras que proporcionam efeitos de metalicidade e rugosidade mais condizentes à realidade.

Por fim, foi trabalhada a iluminação do ambiente com o intuito de aumentar a visibilidade da simulação, valorizando, portanto, o que foi modelado. Para isso, foram adicionados focos luminosos no interior e no exterior do galpão, com ênfase à parte interna, uma vez que esta influencia diretamente no processo de manutenção. Esta região é o local no qual o usuário fará a manutenção, ou seja, para uma operação, o técnico precisa de visibilidade para executar a atividade.

C. Cenário

Após terminadas as modelagens e texturizações das principais ferramentas e processos, a criação do cenário passou a ser trabalhada. Como a simulação em questão é voltada ao ensino e treinamento em manutenção de vagões GDE, a oficina de vagões foi definida como ambiente de trabalho a ser simulado.

Um importante ponto observado na criação do cenário foi a grande relevância da proporcionalidade tanto dos elementos simulados entre si quanto dos elementos em relação ao usuário, já que uma diferença entre a altura do usuário no mundo real e na simulação pode gerar desconforto, além de diminuir a credibilidade da realidade virtual com o profissional em treinamento. Além disso, a desproporcionalidade entre os objetos impede algumas interações necessárias, como o encaixe de peças ou ferramentas ou ainda a diferença de posicionamento relativo entre objetos.

III.RESULTADOS

Após os processos de modelagem, texturização e iluminação e criação de cenário, o simulador de manutenção ferroviária pôde entrar em sua fase de testes e avaliações, sendo primeiramente empregado como técnica demonstrativa em turmas do curso de Manutenção de Sistemas Metroferroviários e Engenharia de Produção no Ifes *campus* Cariacica. Além disso, testes referentes às limitações de *softwares* e *hardwares* empregados no simulador foram iniciados buscando definir as capacidades máximas e mínimas de uso.

Na Figura 1 é possível observar um aluno utilizando o ambiente virtual desenvolvido. Ele está interagindo por meio de *hardwares*, como o *Oculus Rift*, sensores e controles, que permitem a imersão. Além de alunos, engenheiros especialistas da área eletromecânica ferroviária participaram dos testes e confirmaram a verossimilhança do simulador. É importante ressaltar que esses especialistas foram muito importantes no desenvolvimento deste trabalho pois forneceram conceitos mais específicos sobre o setor ferroviário e a modelagem propriamente dita.

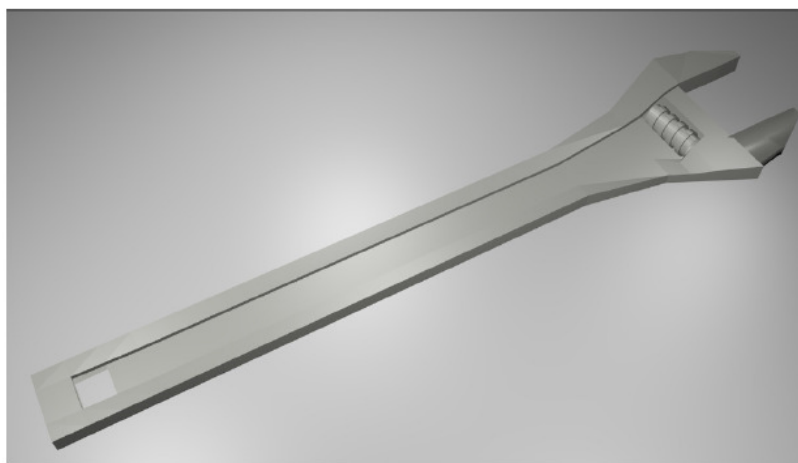
Alguns objetos simulados são apresentados nas Figuras 2 a 6. Os modificadores do *software Blender* estiveram presentes durante todo o projeto. Como exemplo, nos painéis que delimitam o cenário foi utilizado o modificador *array* para criar cópias de um semicilindro em duas direções. Na Figura 2 e na Figura 3 verifica-se um comparativo entre modelos de chave inglesa, com a aplicação do modificador *subdivision surface* na modelagem do objeto. A primeira imagem manifesta a característica facetada do objeto, enquanto a segunda imagem, em consequência da subdivisão de superfícies, assemelha-se de fato ao formato de uma chave inglesa.

Figura 1. Discente interagindo com o ambiente da plataforma virtual



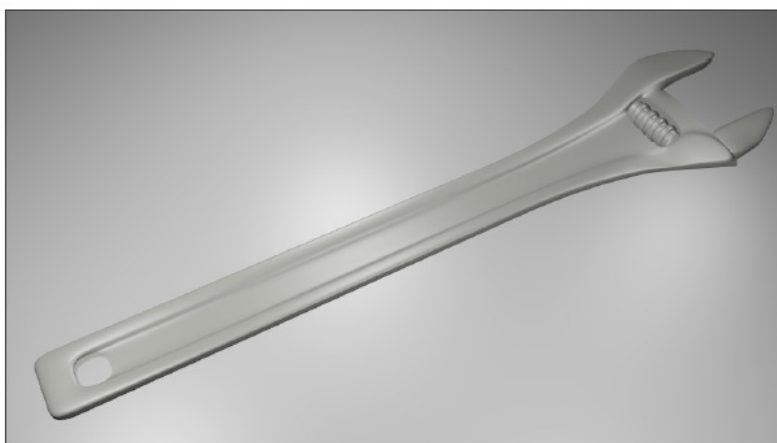
Fonte: autores

Figura 2. Chave inglesa sem modificadores e com aparência facetada.



Fonte: autores

Figura 3. Chave inglesa com a aplicação de modificadores e com extremidades arredondadas.



Fonte: autores

Na Figura 4 é possível visualizar uma dupla de vagões GDE adaptado para que atendesse às necessidades da simulação. Na Figura 5 é possível ver os vagões texturizados sobre os trilhos da via permanente. Estes estão apoiados em uma das valas, enquanto as outras ficam desocupadas (apenas os trilhos permanecem), mas podem ser ocupadas por outros vagões a critério dos desenvolvedores. Além desses elementos, é possível notar a presença de um painel lateral com um trio de vigas verdes, além de algumas colunas, constituindo a parte estrutural da oficina. Também são visíveis algumas mesas de trabalho e escadas.

Figura 4. Vagões GDE geminados texturizados.



Fonte: autores

Figura 5. Visão interna do ambiente virtual completo.



Fonte: autores

O sistema de freio dos vagões, local de manutenção do simulador, fica na parte inferior do vagão. Para que os técnicos tenham acesso a esse ponto, são utilizadas valas de manutenção. Elas possuem escadas em suas extremidades e buracos em sua longitudinal. A base do cenário é formada por três níveis de solo: o nível mais alto é o do trilho, por onde é possível a entrada de equipamentos em um processo não simulado; rampas e escadas garantem o acesso ao segundo nível; já o terceiro e inferior é acessado por pequenas rampas nos buracos das valas. Este último é o nível da vala, no qual ocorre grande parte da simulação. Por fim, o cenário completo é

composto pelo solo, as valas de manutenção, os trilhos, os objetos componentes da simulação, a estrutura e os painéis laterais e o painel do teto. O galpão utilizado como cenário está mostrado na Figura 6, na qual é possível notar a existência de três duplas de vagões (uma em cada vala).

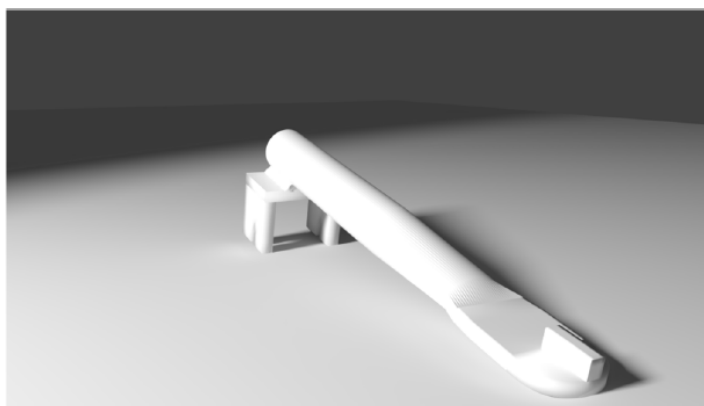
Na Figura 7 e na Figura 8 é possível visualizar uma ferramenta utilizada na manutenção do sistema de freio pneumático. A chave de punho é a ferramenta modelada e é apresentada sem a aplicação de texturas na Figura 7, e com a aplicação de texturas e iluminação na Figura 8. Foram aplicados os conceitos de texturização para criar um material na simulação que correspondesse ao metal característico da chave de punho na realidade. Na chave de punho é possível observar o efeito da aplicação de materiais em um elemento, bem como a iluminação desse elemento para a valorização das suas características. Isto proporciona a quem está imerso na realidade virtual uma maior qualidade de imersão. Segundo Feijó *et al* (2010), “grande parte da riqueza de uma modelagem está na boa aplicação de texturas sobre os modelos”.

Figura 6. Visão da oficina de vagões com o material rodante situado nas 3 valas.



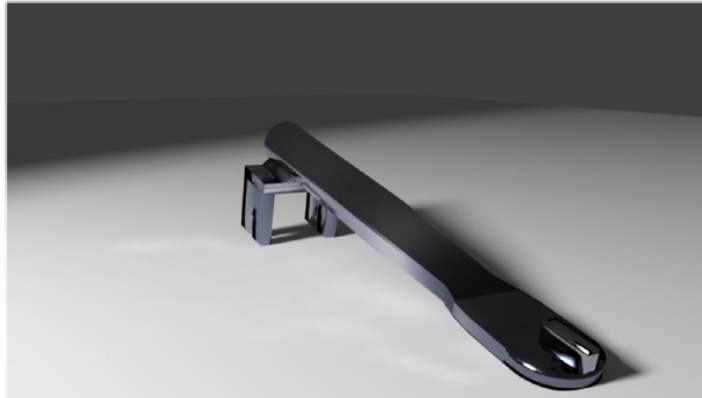
Fonte: autores

Figura 7. Ferramenta para fechamento dos encanamentos denominada “chave de punho” modelada e sem a aplicação de texturas.



Fonte: autores

Figura 8. Chave de punho modelada e texturizada.



Fonte: autores

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio da metodologia utilizada foi verificado que os simuladores são de grande importância no processo de ensino/ aprendizagem e que as ferramentas de modelagem tridimensional e texturização de objetos, quando aplicadas em conjunto com a realidade virtual para a visualização e interação, proporcionam alta imersividade nos treinamentos. O uso do *software Godot* permitiu que as simulações fossem feitas de forma eficaz, produzindo, com isso, efeitos positivos quanto à capacitação dos futuros profissionais devido ao fato de ser uma forma segura de qualificá-los, sem exposição a riscos.

Diante do exposto neste trabalho, o aperfeiçoamento de técnicas no *software Blender* foi fundamental para a estruturação do simulador, dada a maior eficiência dos desenvolvedores ao criarem e maior acurácia nas análises de verossimilhança. A partir das funções dos modificadores, o aperfeiçoamento das técnicas de texturização e iluminação possibilitou o fornecimento de características realísticas ao ambiente de simulação, bem como aos objetos que o compõem.

O projeto culminou em resultados positivos no que diz respeito à fidelidade com os conceitos de manutenção, quando consideradas as formas e aparências dos elementos contidos na simulação. Os engenheiros especialistas reagiram de forma positiva ao testarem o simulador e confirmaram a fidelidade com a realidade. Turmas experimentais de discentes da área de manutenção de sistemas metroferroviários e de engenharia de produção, ao também utilizarem a versão de testes, demonstraram um incremento na compreensão das peças constituintes dos vagões do tipo GDE e dos processos envolvidos na manutenção de tais equipamentos. Os ingressantes no curso tiveram a oportunidade de ter noções sobre aprendizados futuros no curso e os formandos puderam experimentar situações reais de trabalho no modelo simulado.

Assim, conclui-se que o simulador desenvolvido, ainda que em sua primeira versão de testes, teve grande eficácia na capacitação técnica quando utilizado em grupos experimentais, mesmo sendo aplicado apenas de forma expositiva, necessitando somente de adição de maior quantidade de processos de manutenção e de elementos interativos.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao apoio financeiro e institucional do Ifes *campus* Cariacica e da empresa colaboradora desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

OLIVEIRA, F. T.; SIMÕES, W. L., "A indústria 4.0 no contexto dos estudantes da engenharia". **Simpósio de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Goiás - Regional Catalão**, n.1, 2017.

EXAME, "Como será o profissional da indústria 4.0?", **Citação de referências e documentos eletrônicos**. Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/tecnologia/como-sera-o-profissional-da-industria>>, 2016

BANKS, J.; CARSON, J.; NELSON, B.; NICOL, D. "Discrete-Event System Simulation". 3ª ed. p. 3. [S.l.]: **Prentice Hall**, 2001.

PROENÇA, J. "Recurso a simuladores para cumprimento de treino mínimo de voo", **Instituto de Altos Estudos da Força Aérea Portuguesa**, Lisboa, 1988.

BERNADEZ, F.; FERNANDES, T. "**Desenvolvimento de simuladores industriais com disponibilização via Web**", Trabalho de Conclusão de Curso Instituto Federal Fluminense, 2015.

SANTOS, M. C.; LEITE, C. "A avaliação das aprendizagens na prática da simulação em enfermagem como feedback de ensino", **Revista Gaúcha de Enfermagem**, v.31, n.3, 2010.

SAGA; "O que é modelagem 3D?", **Citação de referências e documentos eletrônicos**. Disponível em: <www.saga.art.br/oque-e-modelagem-3d>. Acesso em: 1 jun. 2018.

FEIJÓ, B.; CLUA, E.; SILVA, F. "Introdução à ciência da computação com jogos: aprendendo a programar com entretenimento", Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

VIRTUAL REALITY ENVIRONMENT DEVELOPMENT FOR TEACHING / TECHNICAL TRAINING IN THE RAILWAY ELECTROMECHANICAL MAINTENANCE AREA.

Abstract: *The advance of actions in virtual reality is notorious in several areas of knowledge, especially in the educational area. The use of this technology in teaching and training of professionals and students has been advancing in Brazil and many institutions (educational or not) have been used this tool in the teaching/ learning process and in the technical training of professionals. This work presents the creation and use of a virtual reality environment in the railway maintenance area, based on three principles: modeling of elements presented in the maintenance process, texturing of objects and creation of the scenario. The initial application of the virtual platform with students of the railway electromechanical maintenance and production engineering confirmed the hypothesis that the simulators are of great value in the process of instruction in technological areas, and that the tools of 3D modeling and texturing of objects, when applied in conjunction with virtual reality for visualization and interaction, provide high immersiveness in training, enabling positive effects on the students training.*

Key-words: *Virtual reality. Electromechanical railway maintenance. Innovation in teaching / learning.*