



USINA-ESCOLA DE FERRO-GUSA VERDE: USO DE B-LEARNING E REALIDADE VIRTUAL COMO PLATAFORMA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL*

Cláudio Batista Vieira¹
José Batista Vieira Filho²
Adriana Matta Machado³

Resumo

Nos últimos dez anos grande atenção tem sido dada a tecnologia de realidade virtual, sendo sua aplicação cada vez mais marcante para o desenvolvimento de ambientes virtuais imersivos em diferentes áreas. Nesse trabalho é apresentada uma descrição da plataforma inovadora em realidade virtual de uma planta industrial de produção de ferro-gusa verde. O modelo 4D do alto-forno a carvão vegetal contempla o projeto detalhado de engenharia dos equipamentos e a partir da integração de *softwares* e *hardwares* foi modelado um ambiente tecnológico em realidade virtual de alto grau de realismo. Essa plataforma foi customizada para ser utilizada como Indústria-Escola de Educação Profissional para escolas técnicas, universidades, institutos de pesquisa, indústrias e museus. A Usina-Escola Siderúrgica utiliza um sistema de *blended learning*, agregando assim as vantagens existentes tanto na modalidade do ensino presencial tradicional, como na abordagem do ensino a distância.

Palavras-chave: Usina-escola; Alto-forno; Realidade virtual; Fábrica 4D.

GREEN IRONMAKING INDUSTRY SCHOOL: USING B-LEARNING AND VIRTUAL REALITY AS PROFESSIONAL EDUCATION PLATFORM

Abstract

Over the past ten years, virtual reality has been developed and obtained tremendous attention for its potential to provide virtual immersive environments for several disciplines. In this paper a description of the innovative virtual reality platform of a green hot metal industry using stereoscopic projection is presented. The charcoal blast furnace 4D model includes all detailed engineering design of industrial equipments. From the integration of different softwares and hardwares, an ironmaking plant in virtual reality with high degree of realism was developed. This platform has been developed to be used as Industry School of Professional Education applied to technical schools, universities, research institutes, museums and industries. It was developed in blended learning methodology, that combines both, the advantages of traditional presencial teaching and those of distance learning.

Keywords: Industry school; Blast-furnace; Virtual reality; 4D Industry.

¹ Eng. Metalurgista, M.Sc., Dr., Ex Aluno da UFMG, Prof. da REDEMAT e do Departamento de Eng. Metalúrgica e de Materiais da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, MG, Brasil.

² Eng. Metalurgista, Ex Aluno da Escola de Minas da UFOP, Diretor da JB, MG, Brasil.

³ Psicóloga, Consultora em Desenvolvimento Humano e Organizacional, MG, Brasil.

* Contribuição técnica ao 44^o Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas, 15^o Simpósio Brasileiro de Minério de Ferro e 2^o Simpósio Brasileiro de Aglomeração de Minério de Ferro, 15 a 18 de setembro de 2014, Belo Horizonte, MG, Brasil.



1 INTRODUÇÃO

Nos últimos dez anos grande atenção tem sido dada a tecnologia de realidade virtual, sendo sua aplicação cada vez mais marcante para o desenvolvimento de ambientes virtuais imersivos em diferentes áreas [1-5].

A realização de atividades de ensino e aprendizagem em ambientes de manufatura em realidade virtual, ou seja em fábricas virtuais 4D (espaço + tempo), contribui de forma significativa para rompimento de paradigmas no campo da educação profissional.

A possibilidade de permitir ao “aprendiz” percorrer todas as áreas da fábrica virtual, de conhecer de forma minuciosa o *lay-out* da planta industrial, de interagir com todos equipamentos e acessórios modelados em 3D e de compreender os processos físicos e químicos do sistema, contribui para uma acentuada melhoria do seu processo de aprendizagem.

Neste contexto, apresenta-se neste artigo uma descrição de uma planta industrial de produção de ferro-gusa em realidade virtual, concebida para fins de educação profissional e com foco em siderurgia verde.

Essa fábrica 4D foi customizada para ser utilizada como Usina-Escola de Educação Profissional de escolas técnicas, universidades, indústrias, institutos de pesquisa e museus.

A plataforma utiliza um sistema de *b-learning* (*blended learning*), agregando assim as vantagens existentes tanto na modalidade do ensino presencial tradicional, como na abordagem do ensino a distância.

2 REALIDADE VIRTUAL

Existem diferentes definições para o termo Realidade Virtual (RV), que foi inventado no final na década de 1980 [5]. De acordo com Pimental é o uso de alta tecnologia para convencer o usuário de que ele se encontra em outra realidade, provocando seu envolvimento por completo [6].

A RV consiste na combinação de diversos componentes, tais como, *softwares*, *hardwares*, computadores de alto desempenho, periféricos especializados e equipe técnica qualificada que permitem criar um sistema de visualização de aparência real. É fundamentada em três idéias principais, que são: imersão, interação e envolvimento [4].

A RV teve seu início na indústria de simulação, com os simuladores de voo que a Força Aérea dos Estados Unidos passou a construir depois da segunda guerra mundial [5]. Atualmente tem sido utilizada com maior intensidade na medicina, indústria militar, empresas de petróleo, setor aeroespacial e indústria automobilística.

Sua aplicação na área de metalurgia ainda é recente, mas alguns trabalhos se despontam na literatura [1-3]. Acredita-se que ocorrerá uma grande revolução nas próximas décadas com relação ao desenvolvimento de modelos em RV e suas aplicações na área de educação [4].

De acordo com Psołka [7], o emprego da tecnologia RV contribui significativamente para um melhor processo de ensino-aprendizagem, para visualização avançada dos conteúdos e aprendizagem de conceitos científicos, assim como para o aumento do desempenho sensório-motor, por servir de extraordinária ferramenta educacional no manuseio de modelos complexos.

* Contribuição técnica ao 44^o Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas, 15^o Simpósio Brasileiro de Minério de Ferro e 2^o Simpósio Brasileiro de Aglomeração de Minério de Ferro, 15 a 18 de setembro de 2014, Belo Horizonte, MG, Brasil.



3 B-LEARNING

O *b-learning* (*blended learning*) é um modelo misto de educação, onde a maior parte das atividades de ensino-aprendizagem é realizada por meio da metodologia de *e-learning*, entretanto inclui necessariamente situações presenciais.

O *e-learning* corresponde a um modelo de educação a distância suportado por tecnologia e é estruturado com atividades síncronas e assíncronas.

A abordagem síncrona é aquela em que a comunicação, mesmo sendo a distância, é feita em tempo real. A assíncrona é aquela que dispensa a participação simultânea dos colaboradores.

Enumeram-se as principais vantagens do *b-learning*:

- Uso de tecnologias inovadoras no processo de ensino-aprendizagem;
- Flexibilidade quanto aos horários e locais de estudos dos participantes;
- Possibilidade de desenvolver dinâmicas de grupo presenciais ou via tecnologia virtual em tempo real;
- Redução de custos com relação ao investimento de aplicação dos cursos;
- Possibilidade de promover trabalhos de campo na modalidade presencial, assim como realizar visitas técnicas em ambientes imersivos em realidade virtual, ou seja, em fábricas virtuais 4D;
- Melhores resultados quanto ao processo de aprendizagem dentro de prazos estabelecidos, com meios mais diversificados e colaboração mais intensa entre os alunos;
- Possibilidade de participação de um maior número de instrutores especialistas de diversas partes do Brasil e do mundo, sem necessidade de viajar para o local do curso;
- Turmas com alunos em diferentes locais do país podem cursar as atividades de *e-learning*.

O *blended learning* tem sido nos últimos anos aplicado com sucesso na área de educação profissional. O projeto "e-WindTech", formatado na modalidade *b-learning*, foi desenvolvido na Europa objetivando a criação de um curso profissional voltado para formação de técnicos em manutenção de turbinas eólicas [8]. Trata-se de um curso estruturado em cinco módulos e com objetivo principal de abordar entre 60-75% das principais operações críticas ligadas a manutenção dessas turbinas.

4 METODOLOGIA

A partir da integração de *softwares* e *hardwares* foi desenvolvido um ambiente tecnológico em realidade virtual, ou seja, uma fábrica virtual, cuja visualização é feita na forma de projeção estereoscópica. Empregou-se nesse projeto a concepção de uma moderna usina siderúrgica não integrada a carvão vegetal do tipo genérica, sendo que o projeto de engenharia do alto-forno e de seus equipamentos periféricos foi desenvolvido pela JB Consultoria.

A modelagem 3D foi realizada a partir dos desenhos CAD 2D da usina, empregando um alto nível de detalhamento. Posteriormente foi feita a conversão do modelo 3D para um ambiente em realidade virtual, capaz de permitir a interação em tempo real e de modo a gerar um modelo 4D (espaço + tempo) contendo todos sistemas, subsistemas e componentes localizados corretamente sobre uma topografia virtual.

* Contribuição técnica ao 44^o Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas, 15^o Simpósio Brasileiro de Minério de Ferro e 2^o Simpósio Brasileiro de Aglomeração de Minério de Ferro, 15 a 18 de setembro de 2014, Belo Horizonte, MG, Brasil.



Foram feitas aplicações de texturas foto-realísticas de modo a conferir as instalações industriais desse modelo uma aparência mais próxima possível do real. Também foram inseridos no modelo *hiperlinks* para incorporação de filmes didáticos 2D e de apresentações referentes às práticas operacionais, características e detalhes de equipamentos, etc.

O *software* de realidade virtual empregado nesse projeto é o *Comos Walkinside 7.0* da Siemens. Trata-se de um *software* amplamente utilizado por empresas do setor de petróleo e gás, com recursos de navegação intuitiva que permite interatividade dentro das instalações industriais do modelo. Com emprego de um avatar é possível percorrer todos locais das instalações da usina em forma de figura humana. Assim, os usuários são capazes de simular as restrições físicas do mundo real dentro da fábrica virtual, tais como gravidade, obstáculos, colisões e dimensões reais. É possível simular fielmente o local e as condições operacionais, permitindo melhorar questões relativas à segurança e ao controle operacional de processos. Diversas outras funcionalidades foram implementadas, tais como:

- Introdução de sons 3D localizados para bombas, compressores e alarmes;
- Disponibilização da variável “tempo de execução de tarefas” para medir o desempenho do “aprendiz” em diversas situações na fábrica virtual;
- Disparo de eventos ao entrar em uma determinada área do modelo 4D;
- *Uso do Walkinside Particle Engine* para simular fumaça causada por fogo e por vazamento de gás em pontos específicos da usina siderúrgica.

O sistema de rastreamento de movimentos, capaz de permitir a interação real e intuitiva do “aprendiz” com o modelo 4D, será desenvolvido no futuro próximo.

A Usina-Escola esta integrada a um sistema de *b-learning* para oferta de cursos na área de siderurgia. Esses são estruturados em módulos e são aplicados combinando atividades presenciais e de educação a distância, empregando *e-learning* síncrono e assíncrono.

As atividades na Usina Siderúrgica Virtual 4D são planejadas para serem realizadas em módulos presenciais. Na abordagem a distância, a maior parte da comunicação é síncrona. A carga horária dos cursos e a proporção das atividades presenciais e de educação a distância são customizadas em função do perfil de cada turma e dos objetivos estabelecidos.

5 USINA SIDERÚRGICA EM REALIDADE VIRTUAL

A usina siderúrgica em realidade virtual é composta por diversos módulos, apresentados nas figuras 1 a 11. Na Figura 1 é apresentada uma vista geral da usina 4D, incluindo topografia do terreno.

* *Contribuição técnica ao 44^o Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas, 15^o Simpósio Brasileiro de Minério de Ferro e 2^o Simpósio Brasileiro de Aglomeração de Minério de Ferro, 15 a 18 de setembro de 2014, Belo Horizonte, MG, Brasil.*



Figura 1 - Vista da usina siderúrgica em realidade virtual, incluindo a topografia do terreno.

5.1 Pátio de Matérias-Primas

A usina conta com um pátio de minérios de ferro e fundentes com autonomia de estocagem para 40 dias. A área útil desse pátio é de 10.000m² (Ver Figura 2).

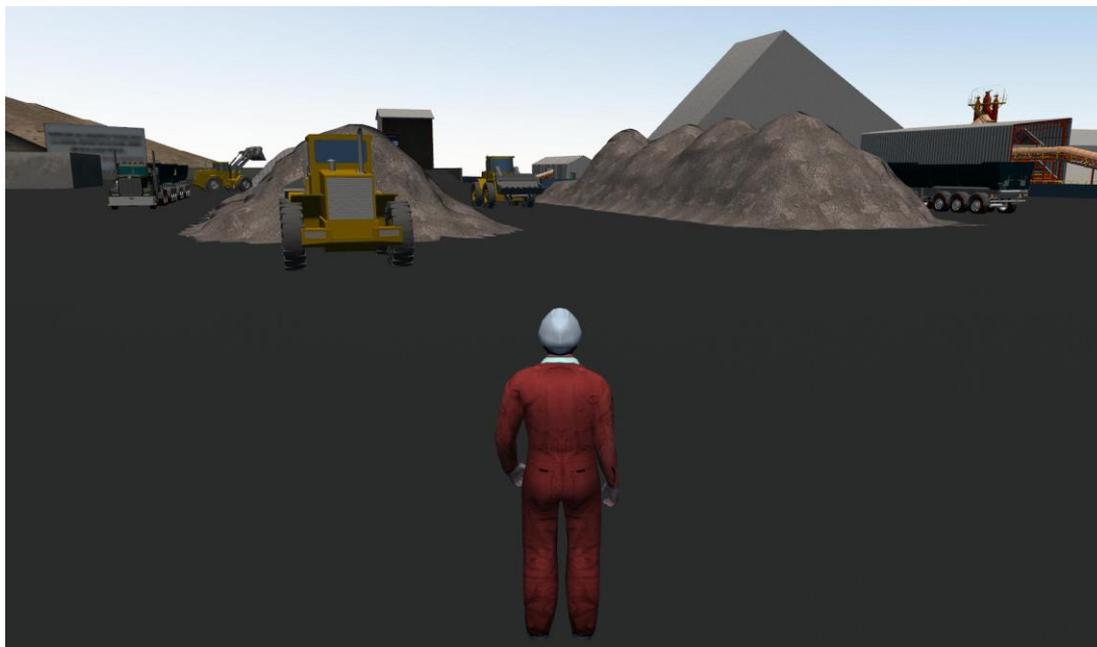


Figura 2 - Avatar no pátio de matérias-primas com visão das pilhas de minérios de ferro e de fundentes.

5.2 Sistema de Recebimento, Estocagem e Preparação de Carvão Vegetal

Este sistema é composto por uma moega para descarga de sacaria e por dois viradores (tombadores) de caminhões, um lateral e outro traseiro para descarga em gaiolas (mais usual atualmente), com a capacidade de descarga total de 400m³/h. O

* *Contribuição técnica ao 44^o Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas, 15^o Simpósio Brasileiro de Minério de Ferro e 2^o Simpósio Brasileiro de Aglomeração de Minério de Ferro, 15 a 18 de setembro de 2014, Belo Horizonte, MG, Brasil.*



carvão vegetal recebido em gaiolas pode ser direcionado para o depósito de combustível ou para silo de abastecimento, enquanto que o carvão recebido em sacaria é sempre direcionado para o depósito. Na Figura 3 é mostrada uma vista do virador traseiro de carvão vegetal.

O sistema de estocagem é composto por um depósito de armazenamento com capacidade de 13.000m³ de carvão vegetal e por um silo, com volume de 120m³, localizado em cima do transportador principal contendo carvão já peneirado e homogeneizado, pronto para ser dosado e enornado.

O sistema de preparação do carvão vegetal é composto por uma peneira de dois decks com a capacidade de peneiramento 250m³/h e por duas moegas dosadoras de 10m³ cada. O circuito de abastecimento da peneira de carvão vegetal é feito via tombador traseiro ou do depósito de armazenamento.

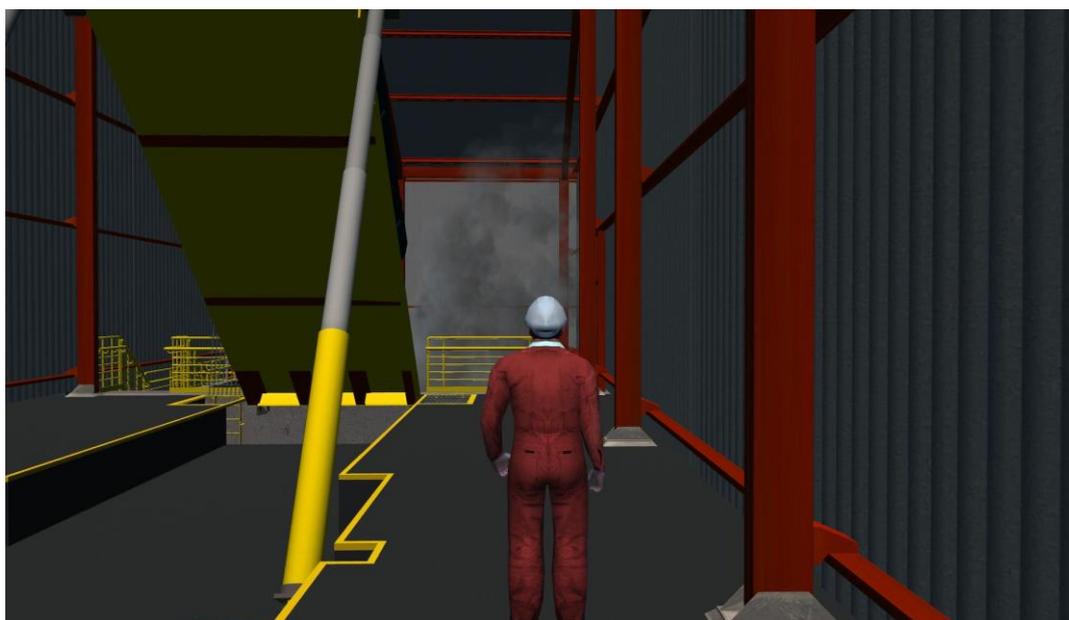


Figura 3 - Vista do virador traseiro de carvão vegetal.

5.3 Estocagem e Preparação de Minérios de Ferro e Fundentes

Este sistema é composto pelo pátio de matérias-primas, pelo depósito pulmão e pelo sistema principal de estocagem de minérios e fundentes.

O sistema principal é constituído por 20 células, sendo 16 para granulados de minérios de ferro e 04 para fundentes, e tem capacidade de armazenar 2.800 toneladas de minério de ferro. No interior de cada célula existem diversos tubos metálicos contendo múltiplos furos, que utilizam fumos quentes (150°C a 250°C), oriundos dos glendons, para efetuar as etapas de secagem e de tratamento térmico dos granulados de minério de ferro.

O depósito principal é também denominado de reator secundário e atua como um “sistema de anti-crepitação” de minérios hematíticos e itabiríticos. Tem capacidade para alimentar o alto-forno em um ritmo de até 50 toneladas por hora de minério de ferro seco e tratado termicamente.

* Contribuição técnica ao 44^o Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas, 15^o Simpósio Brasileiro de Minério de Ferro e 2^o Simpósio Brasileiro de Aglomeração de Minério de Ferro, 15 a 18 de setembro de 2014, Belo Horizonte, MG, Brasil.

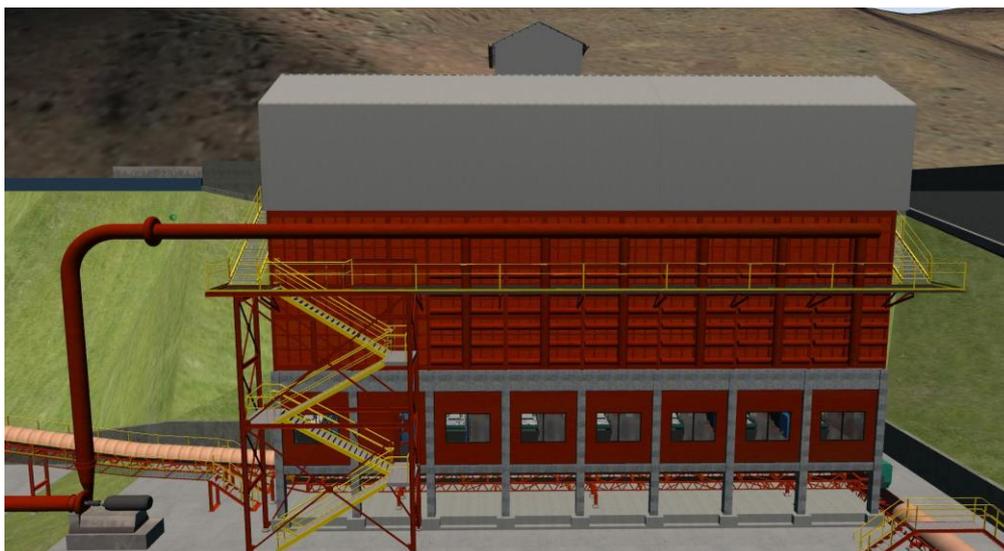


Figura 4 - Vista do depósito principal de minérios de ferro e fundentes.

5.4 Sistema Principal de Carregamento e Enfornamento de Carvão Vegetal, Minério de Ferro e Fundentes no Alto-Forno

É composto por uma correia transportadora de 42 polegadas, uma tremonha rotativa, duas tremonhas fixas, um conjunto de vedação tipo duplo cone, um distribuidor com palhetas móveis, válvulas equalizadoras e sondas automática e manual.

Na Figura 5 é apresentada uma vista da tremonha rotativa.

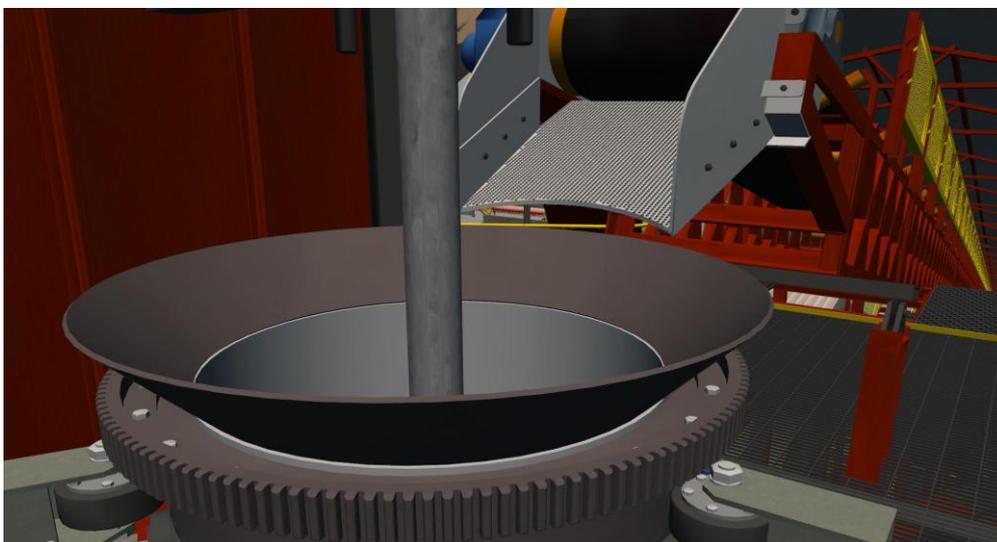


Figura 5 - Vista da tremonha rotativa.

5.5 Descrição do Alto-Forno a Carvão Vegetal

Trata-se de um alto-forno a carvão vegetal de 15 metros de altura útil, 12 m² de área de cadinho e um volume útil de 200m³. Esse equipamento contém 14 ventaneiras de cobre eletrolítico e essas são refrigeradas a água.

O topo do forno é composto por uma tremonha rotativa, duas fixas e um distribuidor de carga, constituído de placas móveis e situado na goela do reator. A primeira

* *Contribuição técnica ao 44^o Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas, 15^o Simpósio Brasileiro de Minério de Ferro e 2^o Simpósio Brasileiro de Aglomeração de Minério de Ferro, 15 a 18 de setembro de 2014, Belo Horizonte, MG, Brasil.*



tremonha tem um cone de aço carbono e seu acionamento é feito por um cilindro pneumático. A segunda tremonha é composta de uma bacia e de um tronco de cone de aço manganês e seu acionamento é realizado por um cilindro pneumático.

O revestimento refratário do forno é do tipo sílico-aluminoso com refrigeração da carcaça de aço carbono por lâmina de água através de esguicho e *spray*. Todos tijolos do projeto de refratários foram modelados em 3D.

Na Figura 6 é apresentada uma vista do interior do alto-forno, mostrando os refratários e as ventaneiras.

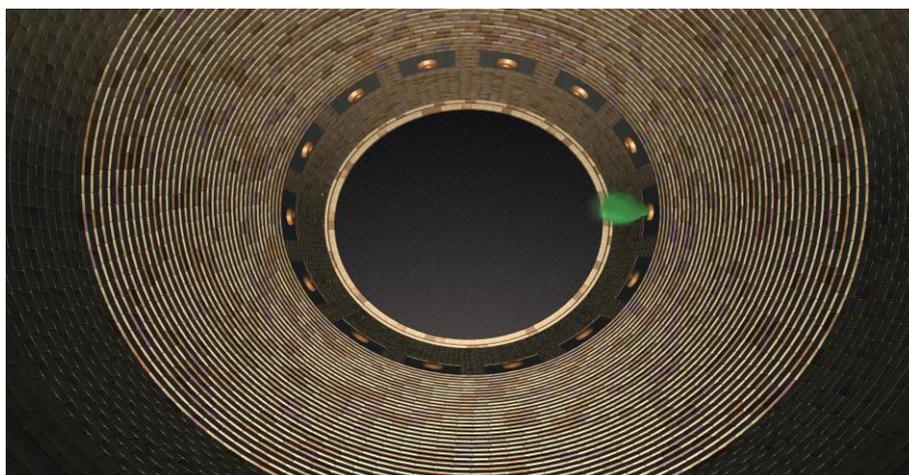


Figura 6 - Vista do interior do alto-forno, mostrando os refratários sílico-aluminosos e as quatorze ventaneiras de cobre eletrolítico.

5.6 Área de Corrida

É composta por uma perfuratriz pneumática para efetuar a abertura do furo de corrida, um canhão hidráulico para injeção de massa para tamponamento do alto-forno, bicas de vazamento de gusa e escória, assim como por uma panela para tratamento de desfosforação do ferro-gusa líquido (ver Figura 7)

5.7 Glendons: Sistema de Aquecimento Do Ar

É constituído por três trocadores de calor operando em paralelo, denominados de glendons (Ver Figura 8). São equipamentos para aquecimento de ar do tipo contínuo que empregam serpentinas de aço inoxidável e com capacidade de aquecer o fluido na faixa de 780°C a 820°C. O combustível empregado na operação dos glendons é o gás de topo limpo.

Uma certa quantidade dos fumos gerados nos glendons é transportada para o sistema principal de estocagem de minérios de ferro e fundentes para realização das etapas de secagem e de tratamento térmico dos granulados de minério de ferro.

* *Contribuição técnica ao 44^o Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas, 15^o Simpósio Brasileiro de Minério de Ferro e 2^o Simpósio Brasileiro de Aglomeração de Minério de Ferro, 15 a 18 de setembro de 2014, Belo Horizonte, MG, Brasil.*

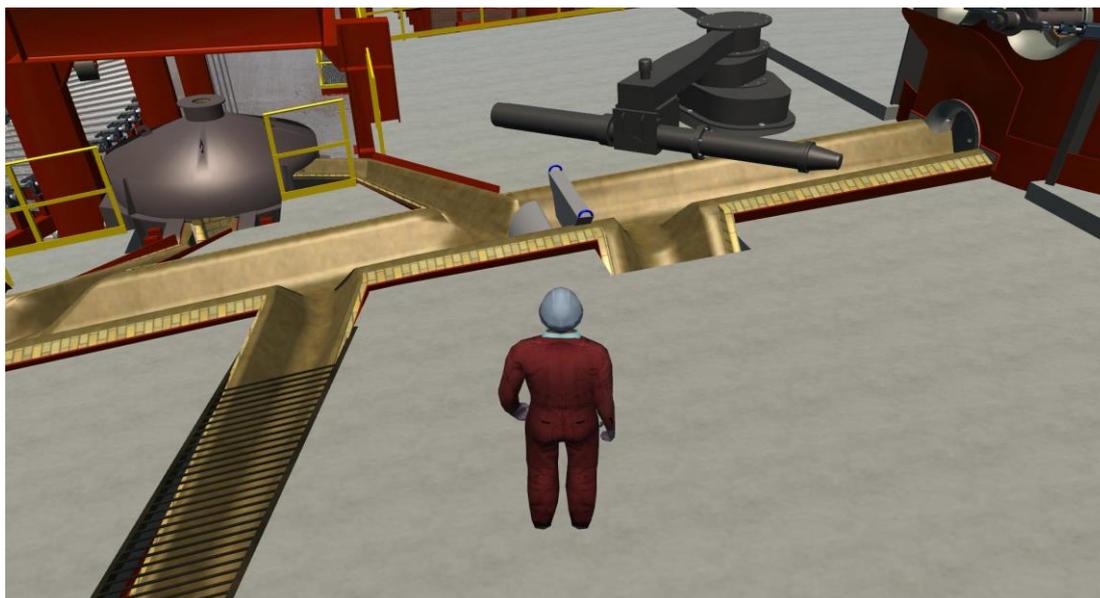


Figura 7 - Vista da área de vazamento, mostrando detalhes da bica de corrida de gusa líquido e escória, do canhão de tamponamento e da panela de desfosforação.



Figura 8 - Avatar na área de corrida com visão dos três glendons, que operam em paralelo e de forma contínua.

5.8 Casa de Máquinas Soprantes

É composta por um turbo soprador como equipamento soprante principal. Além disso, foi também instalada na casa de máquinas um sistema com cinco sopradores centrífugos, com capacidade nominal de soprar 36.000 Nm³/hora de ar e com uma pressão de sopro variando na faixa de 9,0 mca a 12 mca, sendo a pressão de topo variando de 1,5 mca até 2,5 mca (Ver Figura 9).

* Contribuição técnica ao 44^o Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas, 15^o Simpósio Brasileiro de Minério de Ferro e 2^o Simpósio Brasileiro de Aglomeração de Minério de Ferro, 15 a 18 de setembro de 2014, Belo Horizonte, MG, Brasil.

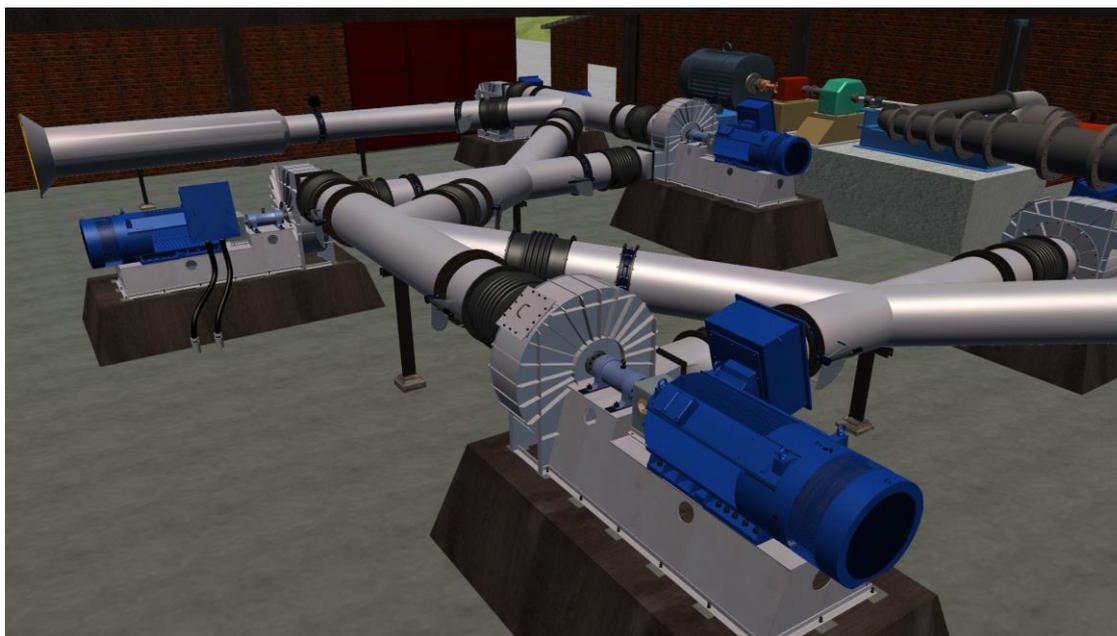


Figura 9 - Vista do interior da casa de máquinas mostrando o turbo soprador e os soprosadores centrífugos.

5.9 Sistema de Limpeza de Gás de Topo

É composto por um balão expensor para limpeza a seco do gás de topo. O sistema de limpeza a úmido é constituído por uma torre de lavagem bruta e de resfriamento, além de um venturi com abertura regulável e de um desumificador.

Esse sistema (Ver Figura 10) permite assegurar uma concentração máxima de particulados no gás de topo após limpeza que atende satisfatoriamente a legislação ambiental.

À água do sistema a úmido é tratada em um decantador e uma prensa.



Figura 10 - Vista do sistema de limpeza de gás de topo, situado ao lado do alto-forno.

* Contribuição técnica ao 44^o Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas, 15^o Simpósio Brasileiro de Minério de Ferro e 2^o Simpósio Brasileiro de Aglomeração de Minério de Ferro, 15 a 18 de setembro de 2014, Belo Horizonte, MG, Brasil.



5.10 Sistema de Lingotamento do Ferro-Gusa Líquido

É constituído de dois carrosséis, contendo cada um 143 lingoteiras de ferro fundido, com uma capacidade de lingotamento de 48 toneladas de gusa líquido por hora (Ver Figura 11).



Figura 11 - Avatar na área de corrida com vista do sistema de lingotamento do ferro-gusa líquido, mostrando detalhes dos dois carrosséis e das lingoteiras.

5.11 Sala de Controle e Equipe de Operação do Alto-Forno

A usina conta com uma sala de comando da instalação industrial, composta por computadores e pelo sistema supervisório de monitoramento dos parâmetros operacionais do processo de fabricação de ferro-gusa. O sistema de automação dos equipamentos será incorporado ao modelo 4D.

Será também desenvolvido no futuro um sistema virtual de dados de processo em tempo real referente a operação do alto-forno.

Outro desenvolvimento importante será a inserção dos “colaboradores virtuais” da equipe de operação e de controle de processo nos postos de trabalho da fábrica 4D.

5.12 Instalações Gerais

Diversos sites compõem as instalações gerais, tais como portaria da usina, estacionamento, escritórios, almoxarifado, oficina de manutenção, vestiários, banheiros, enfermaria, restaurante e salas de treinamento.

5.13 PCI, Laboratórios e Unidade de Geração de Energia Elétrica

No futuro serão incorporados ao modelo 4D da Usina Siderúrgica os módulos virtuais de PCI (*pulverized coal injection*), da unidade de geração de energia elétrica e de laboratórios químicos, físicos e metalúrgicos.

* Contribuição técnica ao 44^o Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas, 15^o Simpósio Brasileiro de Minério de Ferro e 2^o Simpósio Brasileiro de Aglomeração de Minério de Ferro, 15 a 18 de setembro de 2014, Belo Horizonte, MG, Brasil.



6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Usina-Escola de Ferro-Gusa Verde, que utiliza as tecnologias de realidade virtual e *b-learning*, é um projeto inédito no Brasil e esta disponível para utilização por parte das escolas técnicas, universidades, empresas, institutos de pesquisa e museus.

A plataforma permite que os usuários, sejam eles operários, técnicos, supervisores, engenheiros, tecnólogos, projetistas, pesquisadores, fabricantes de equipamentos, visitantes, universitários ou estudantes de nível médio façam uma visita técnica ou um “circuito de treinamento” por todas as áreas da usina siderúrgica virtual. Trata-se de uma ferramenta multidisciplinar que auxilia na apreensão de conhecimentos referentes a questões operacionais, de controle de processos, de análise de riscos de acidente, de projeto de refratários, de saúde e segurança, de manutenção de equipamentos e acerca de projetos de engenharia de alto-forno.

A Educação Profissional é classificada atualmente no Brasil em três tipos: (a) formação inicial e continuada de trabalhadores; (b) educação profissional técnica; (c) educação profissional tecnológica, de graduação e pós-graduação. A realização de aulas práticas e teóricas em ambientes de manufatura modelados em realidade virtual, ou seja em fábricas virtuais 4D, permite contribuir de forma acentuada para melhoria do processo de ensino-aprendizagem e para rompimento de paradigmas no campo da educação profissional em todos seus níveis.

Agradecimentos

A UFOP, REDEMAT, Escola de Minas & Demet, FAPEMIG, Coffey, Virtualis, JB Consultoria, Siemens, Fundação Gorceix e Vale pelo incentivo e apoio direto e/ou indireto ao desenvolvimento de projetos empregando realidade virtual.

REFERÊNCIAS

- 1 Chenn QZ. Visualization the Future in Steel Manufacturing. *Iron & Steel Technology*. January. 2011; p37-50.
- 2 Woksepp S, Olofsson, T. Using Virtual Reality in Large – Scale Industry. *ITcom* Vol. 11. 2006; p627-640.
- 3 Zhang H, Zhou CQ, Wu B, Li Jie. A Virtual Aluminun Reduction Cell. *TMS*. Vol 65. N11. 2013; p1452-1458.
- 4 Peroni R, Silva FV, Mello PRG. A Realidade Virtual como Inovação no Ensino de Engenharia de Minas. *XLI Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia – COBENGE*, 2013; 12p.
- 5 Rodrigues GP, Porto CM. Realidade Virtual: Conceitos, Dispositivos e Aplicações. *Interfaces Científicas*, V.01.N.03. 2013; p97-109.
- 6 Pimental K; Teixeira K. *Virtual Reality – Trough the New Looking Glass*. 2. New York. McGraw-Hill, 1995.
- 7 Pspotka J. *Immersive Training Systems: Virtual Reality and Education and Training*. *Instructional Science*. 1995; 23: 405-423.
- 8 Santo GAG. *O Uso do E-learning como Plataforma para Formação Técnica: O Caso do “e-WindTech”*. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Serviço e Gestão. Faculdade de Engenharia do Porto. 2009; 115p.

* *Contribuição técnica ao 44^o Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas, 15^o Simpósio Brasileiro de Minério de Ferro e 2^o Simpósio Brasileiro de Aglomeração de Minério de Ferro, 15 a 18 de setembro de 2014, Belo Horizonte, MG, Brasil.*