

## A gestão sustentável de obras complexas: O Aeroporto de Carrasco

### **Célia Regina Moretti Meirelles**

Professora PhD, Mackenzie, Brasil  
UFS, Brasil  
celiaregina.meirelles@mackenzie.br

### **Silvio Stefanini Sant'Anna**

Professor PhD, Mackenzie, Brasil  
UFS, Brasil.  
silvio.anna@mackenzie.br

### **Lucas Fehr**

Professor PhD, Mackenzie, Brasil  
UFS, Brasil.  
lucas.fehr@mackenzie

### **Flávio Marcondes**

Professor PhD, Mackenzie, Brasil  
flavio.marcondes@mackenzie.br

## RESUMO

A operação e manutenção dos grandes edifícios em terminais aeroportuários de passageiros vêm ganhando destaque nas últimas duas décadas devido aos grandes gastos energéticos destes, portanto além do projeto e construção o ciclo de vida dos edifícios deve ser avaliado. Os objetivos desta pesquisa é discutir as técnicas construtivas que tornam as obras complexas como os terminais aeroportuários mais sustentáveis e analisar como as novas tecnologias podem colaborar na gestão sustentável destes. Como método parte-se da revisão da literatura e do estudo de caso o terminal de passageiros TPS do Aeroporto Internacional de Carrasco no Uruguai concluído em 2009. Como conclusão destaca-se neste terminal ocorreu a aplicação técnicas construtivas em treliças planas que pode ser considerado um sistema leve e econômico, e para a promoção do conforto a aplicação de materiais inovadores na vedação da cobertura. Outro ponto valorizado no projeto e na sustentabilidade foi a integração de elementos naturais e bioclimáticos como a captação da luz natural por meio dos domos na cobertura. No contexto da operação dos edifícios após a conclusão da obra a operadora do terminal em 2016 definiu metas para reduzir o uso de equipamentos ativos que impactem os gases de efeito estufa e a produção de energias renováveis por placas fotovoltaicas. Destaca-se a importância das novas tecnologias integradas à plataforma BIM - Building Information Modeling pois estas serão de grande apoio no controle, operação e manutenção dos edifícios dos TPS, pois permite o monitoramento em tempo real.

**PALAVRAS-CHAVE:** Gestão, operação e manutenção. Terminais de passageiros Aeroportuários. Sustentabilidade.

## INTRODUÇÃO

As áreas aeroportuárias apresentam impactos sobre o meio ambiente, como destaca o Guia de sustentabilidade do Departamento de Aviação de Chicago CDA( 2010). Portanto, o órgão indica a relevância de reduzir estes fatores e diminuir custos operacionais ao longo da vida útil da edificação e recomenda promover “benefícios sociais” para as comunidades no entorno.

O mesmo Guia indica ações que antecedem o projeto, construção e manutenção, como a localização ideal para implantar um aeroporto deve ser próxima “aos transportes coletivos como ônibus, linhas ferroviárias, metrô, etc” ( LEONE; MEIRELLES, 2014).

No contexto da operação e manutenção dos edifícios de modo mais sustentável deve-se buscar, a minimização das energias não renováveis e aplicar sistemas inteligentes, como os sensores de presença, e a iluminação econômica como a luz de LED. Outro ponto de relevância é a busca de produção de energias renováveis, como a solar, por placas fotovoltaicas e geotermia (FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS, ANO )(CDA, 2010).

A manutenção do conforto térmico do usuário nos terminais de passageiro em geral é definida pelo uso de ar condicionado, portanto deve-se buscar envoltórias e aberturas eficientes, como os materiais das coberturas e fechamento adaptadas ao clima local. Outros aspectos destacado pelo CDA( 2010) é o uso de vegetação com a captação da água da chuva para reaproveitamento. Já projeto do entorno dos terminais, como estacionamentos deve-se evitar “as superfícies impermeáveis e pavimentadas” ( LEONE; MEIRELLES, 2014).

O projeto de um aeroporto é definido por áreas com diferentes usos como, “o terminal de passageiros - TPS, o estacionamento para veículos automotivos, edifícios para armazenamento de carga, pátio das aeronaves, pista de pouso e decolagem, hangares para manutenção”, entre outros. No TPS ocorre a “e a transição entre os modos de transporte. Neste sentido, no TPS deve promover a “circulação e mobilidade das pessoas, com funções de embarque e desembarque, áreas operacionais e de serviços, alimentação e áreas comerciais” (ANAC, 2008).

Como destacado acima nos aeroportos internacionais a circulação de pessoas ocorre no TPS portanto nestas áreas é onde se aplicam estruturas que permitem um grande vão buscando sistemas estruturais leves e rígidos como as treliças, em formas complexas em dupla curvatura.

Na última duas décadas ocorreu uma grande evolução nos sistemas de comunicação em rede, bem como nos softwares, em especial no satélite GPS (Global Positioning System) fato que permite o georreferenciamento da obra. Na outra ponta a rede de internet aumentou a capacidade e rapidez, permitindo a realização dos diferentes projetos a partir de um único modelo paramétrico por meio de sistemas como o BIM (Building information modelling). Os projetos colaborativos podem ser atualizados em tempo real por diversos projetistas. Nas últimas atualizações BIM incluiu estudos de viabilidade e desempenho dos componentes como, informações técnicas, custos e elementos do ciclo de vida do edifício, portanto é uma ferramenta a favor da sustentabilidade, pois permite a gestão e manutenção de obras como terminais dos aeroportos ( KASSEN, DE AMORIM, 2015).

Outro sistema de interesse tecnológico inovador é o RFID (*RadioFrequency*) que integrado com ao sistema de posicionamento global GPS-RTK permite a “localização de materiais” associado com tecnologias de assistente digital (PDA) pode incluir “inventários de materiais / componentes, desenhos de construção, gerenciamento de segurança”. Se RFID for associado as tecnologias BIM na gestão da edificação em uso pode “armazenar e recuperar dados do ciclo de vida do componente e em novos projetos”(IACOVIDOU; PURNELL; LIM, 2018).

## OBJETIVOS

A presente pesquisa tem por objetivos, discutir as técnicas construtivas que tornam as obras complexas como os terminais aeroportuários mais sustentáveis e analisar como as novas tecnologias em especial o BIM pode colaborar na gestão sustentável deste tipo de projeto.

## MÉTODOLOGIA

- Revisão da literatura
- estudo de caso: o Terminal de passageiros do aeroporto internacional de Carrasco no Uruguai

## RESULTADOS

O aeroporto internacional de Carrasco localiza-se na região metropolitana de Montevideu – Uruguai a “17,7 km a leste do centro”. O projeto foi contratado ao escritório de arquitetura Rafael Viñoly com sua obra concluída em 2009. Este edifício será estudado neste artigo pois está no contexto das obras de arquitetura reconhecidas no âmbito da América Latina e é um projeto premiado em termos de sustentabilidade e inovação. A figura 1 destaca em vista a cobertura e o edifício e o estacionamento no lado terra.

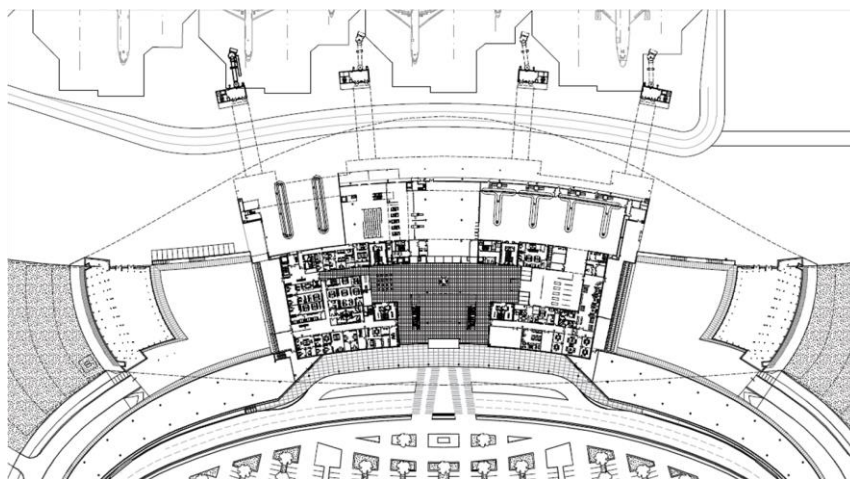
Figura 1 : vista externa do edifício e estacionamento



Fonte: dos autores

Segundo Viñoly (2010) o terminal de passageiros de Carrasco é definido por cinco pisos pelo três níveis de acessibilidade do projeto em térreo, primeiro pavimento, e mezanino. No térreo se localizam o “desembarque nacional e internacional” e as áreas necessárias aos serviços e atividades internas do aeroporto, e no subsolo ficam “casas de máquinas, armazenamento de água, transformadores, etc.” (NAVARRO, 2019).

Figura 2: planta do piso térreo – lado ar

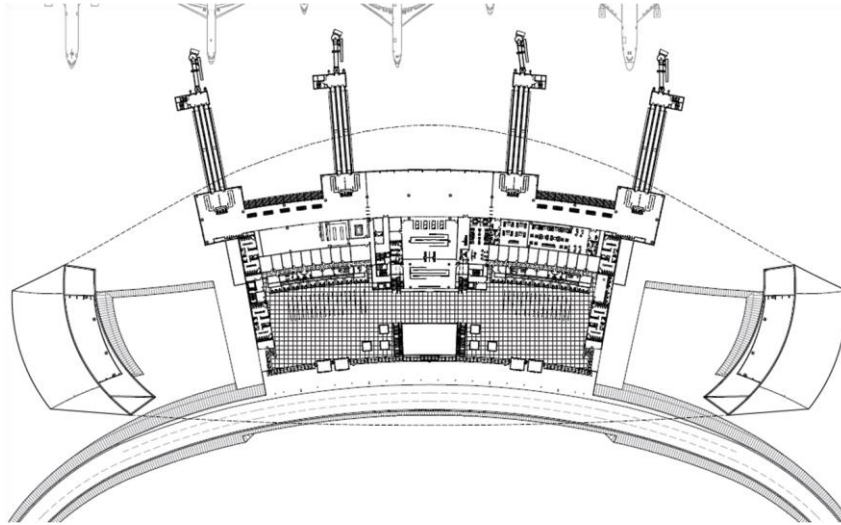


Fonte: Rafael Viñoly

A planta do térreo é destacada na figura 2, já o primeiro pavimento recebe o acesso por meio viaduto para os veículos automotores, como mostra a planta da figura 3, e a figura 4. Neste

andar estão localizadas as salas de check-in e “área de serviço, banheiros, restaurantes, espaços comerciais e jardim” e o acesso aos aviões no lado oposto chamado de lado ar (VIÑOLY, 2010).

Figura 3: planta do primeiro andar – lado ar



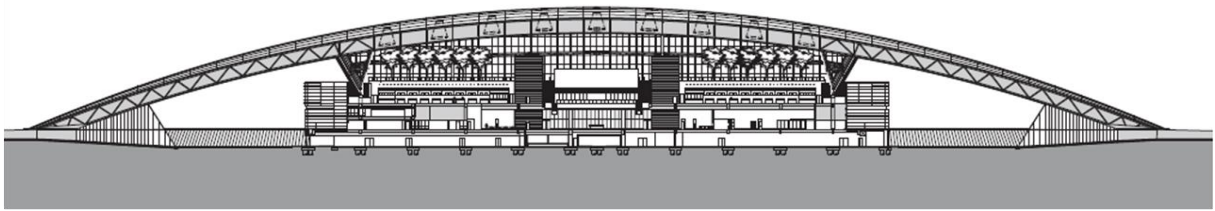
Fonte: Rafael Viñoly

Figura 4: projeção do balanço lado terra - sobre o viaduto



Fonte: dos autores

Figura 5: corte da seção longitudinal

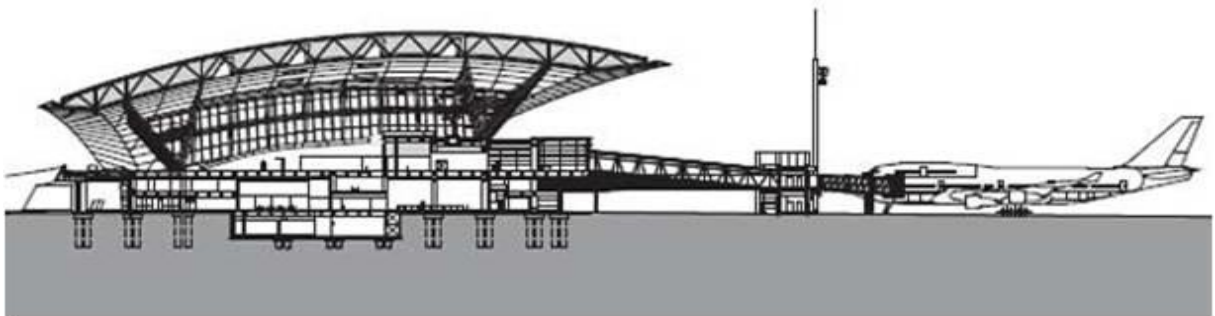


Fonte: Rafael Viñoly

O embasamento do terminal é composto por laje nervurada de concreto, pilares modulado “10 x15 metros e 10X18”. As fundações são formada por sapatas isoladas apoiadas em estacas de concreto e paredes cortina. A cobertura possui uma dupla curvatura formando uma parabolóide elíptico, entretanto foi estruturado por elementos planos o que pode observado nos corte transversais e longitudinais, por treliças planas arcos planos figura 6 (VIÑOLY, 2010).

A cobertura em dupla curvatura apresenta uma implantação longilínea no corte longitudinal com “366 metros por 130” e apoiada em pilares tangente de concreto, como destaca a figura 5. No corte transversal, figura 6, observa-se que cobertura apresenta balanços de “33,5 metros” sobre do pátio das aeronaves (face norte) e “26 metros” (face sul) sobre a entrada do aeroporto ( figura 6). No sentido da sustentabilidade e conforto destaca-se que os fechamentos verticais em vidro favorecem a entrada da iluminação natural nos espaços públicos, bem como as “clarabóias circulares no telhado” distribuídas ao longo do edifício, diminuindo a necessidade de iluminação artificial (VIÑOLY, 2010).

Figura 6 :Corte da Seção transversal



Fonte: Rafael Viñoly

A forma arquitetônica exigiu uma associação da estrutura metálica ao embasamento de concreto armado. No corte transversal (figura 6) observa-se que a estrutura das treliças planas são biapoiadas em pilares com forma V com diferentes alturas. Portanto os pilares nascem em alturas diferentes. Na montagem figura 7 destaca-se que os elemento planos, pilares e a treliças foram contraventados entre si no plano transversal com uma trave horizontal e no longitudinal com diagonais formando um desenho espacial, como destaca as figuras 7 e 8.

**Figura 7: processo de montagem**



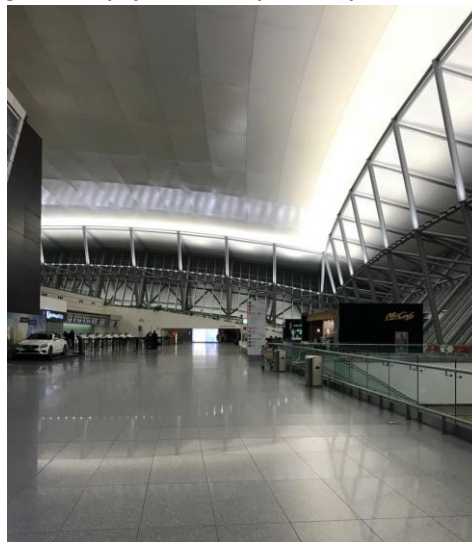
Fonte: Rafael Viñoly

**Figura 8: pilar em V e contraventamentos**



Fonte: dos autores

**Figura 9: espaço interno - primeiro pavimento**



Fonte: dos Autores

No contexto da sustentabilidade e conforto, além da iluminação natural já destacados, a cobertura do terminal apresenta uma série de camadas com função de minimizar o impacto nos gastos energéticos. Estas são “chapas de aço galvanizado, placas de espuma de poliisocianurato de 32 kg/ m<sup>3</sup>”, painéis de “placas de gesso reforçado com fibra mineral de 6mm”. O sistema foi recoberto por uma “manta impermeável termoplástica” de alta resistência na “cor branca da marca Ultraplay” (CASTRO, 2010) ( SIMOES, 2013).

No contexto da sustentabilidade a eficiência energética dos edifícios, é um fato relevantes na operação e manutenção dos aeroportos como destacou o CDA( 2010 ). Neste contexto a operadora do aeroporto Puerta del Sur S.A em 2016 promoveu algumas ações para minimizar os gastos energéticos, como a utilização de um equipamento industrializado que promove a troca de calor dos ambientes. Este equipamento não utiliza “combustível fóssil e é 400 vezes mais eficientes que as caldeiras”. Além de instalar um parque de “1540” placas fotovoltaicas e a substituição das luzes fluorescente por tecnologias LED. Este ações definiu o “Prêmio de Eficiência Energética do MIEM em 2016” (NAVARRO, 2019 )(FERREIRA, 2020).

Outras ações da empresa para preservar o meio ambiente foi a redução dos gases de efeito estufa por meio da participação no programa “Airport Carbon Accreditation” e a busca constante redução deste portanto parâmetro para se tornar um carbono neutro.( PUERTA DEL SUR S.A., 2019).

## **CONCLUSÃO**

Como conclusão destaca-se que no terminal de passageiros do aeroporto internacional de Carrasco, apesar da cobertura em dupla curvatura foi aplicada a estrutura em treliças planas que pode ser considerado um sistema leve e econômico,

Em grandes obras como é o caso do Aeroporto Internacional de Carrasco a sustentabilidade é muito relevante, portanto além do projeto, a operação e manutenção dos edifícios deve ser planejada. Na busca da eficiência energética nos novos terminais deve-se utilizar sistemas de produção de energia integrados com sistemas inteligentes de monitoramento de presença de minimizar os gastos energéticos. Dois pontos valorizados no contexto da sustentabilidade do Carrasco foi a integração de elementos bioclimáticos como a captação da luz natural por meio dos Domos e nos vidros das fachadas e os materiais de isolamento na cobertura de modo inovador.

Outro aspecto relevante é a preocupação com o meio ambiente em especial com os gases de efeito estufa na operação e manutenção dos aeroportos. No aeroporto de internacional de Carrasco, vem ocorrendo estas ações mesmo após a conclusão da obra, como mostram as premiações.

Destaca-se que as plataformas tecnológicas integradas com o sistema BIM permitem uma ampliação do conceito do projeto ao tratar o modelo paramétrico de modo a conter além das informações geométricas, as informações técnicas sobre os componentes da edificação. Na última atualização passou a incluir informações desde a escolha dos materiais, apoiando todo o processo construtivo englobando os conceitos relacionados ao ciclo de vida das edificações. Portanto são ferramentas que podem melhorar a gestão, operação e manutenção dos grandes terminais de passageiros aeroportuários.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANAC. **Regulamento Brasileiro da Aviação Civil**. Resolução nº 63, de 26 de novembro de 2008: Aprova o Programa Nacional de Instrução em Segurança da Aviação Civil- PNIIVSEC. Brasília, 2008.

CDA. **Manual Sustainable Airport Manual (SAM)**. Chicago: Chicago of Department of Aviation, 2010.

CASTRO, Eduardo Munhoz de Lima. **Desafios e inovações em coberturas**: Aplicação do sistema de membrana TPO no aeroporto internacional de carrasco – Uruguai. Congresso latino-americano da construção metálica, São Paulo, 2010. Disponível em <https://www.abcem.org.br/construmetal/2010/downloads/contribuicoes-tecnicas/30-desafios-e-inovacoes-em-coberturas-a-aplicacao-do-sistema-de-membrana-tpo-no-aeroporto-internacional-de-carrasco-uruguai.pdf> Acesso em 12.junho.2020.

FERREIRA, C. **Um brasileiro entre os aeroportos mais sustentáveis do mundo**. 2020. Disponível em <https://www.aeroin.net/um-brasileiro-dentre-os-aeroportos-mais-sustentaveis-da-america-latina/> Acesso em 8. Set.2020.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. **Brasil Sustentável**: Impactos Sócio econômicos da Copa do Mundo 2014. Departamento de Comunicação da Ernst & Young: São Paulo: 2012.

IACOVIDOU, Eleni; PURNELL, Phil; LIM, Ming K. **The use of smart technologies in enabling construction components reuse**: A viable method or a problem creating solution? Journal of environmental management, v. 216, p. 214-223, 2018.

KASSEM, Mohamad; DE AMORIM, Sergio R. L. **BIM Building Information Modeling no Brasil e na União Europeia**. B Brasília: diálogos setoriais, 20115. Disponível em <http://sectordialogues.org/sites/default/files/acoes/documentos/bim.pdf> Acesso em 12. Out. 2020.

LEONE, Camila; MEIRELLES, Célia Regina Moretti. Terminal 3 de Guarulhos: projeto, sustentabilidade e inovação. Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014. Disponível em [https://www.usp.br/nutau/anais\\_nutau2014/trabalhos/leone\\_camila.pdf](https://www.usp.br/nutau/anais_nutau2014/trabalhos/leone_camila.pdf) Acesso em 12. Jun.2020.

NAVARRO, Jorge. **Manager Maintenance and Infrastructure**, Aeropuerto de Carrasco, Montevideo. ICAO-Organização Internacional da Aviação Civil, Seminar Green Aiports, Lima, Peru, 2019.

SIMÕES, Diogo Gonçalves. **Manutenção de edifícios apoiada no modelo BIM**. Doutorado em engenharia civil, Técnico de Lisboa, Lisboa, 2013. Disponível em <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395145922989/Vers%C3%A3o%20Final%20Tese-Corrigida.pdf> Acesso em 10. jun. 2018

VINOLY, R. **Carrasco international airport new terminal**. 2010. <https://archello.com/project/carrasco-international-airport-new-terminal> acesso em 12. Out. 2020.

PUERTA DEL SUR S.A. **Declaración de política medio ambiental huella de carbono y energia**: Aeropuerto de Carrasco 2019. Disponível em [www.aerpuertodecarrasco.com.uy](http://www.aerpuertodecarrasco.com.uy) Acesso em 15.agosto.2020.

Agradecimentos a Camila Leone que fez parte desta pesquisa durante a sua graduação e ao arquiteto Rafael Vinoly por nos enviar as plantas e informações sobre a obra.