



## UTILIZAÇÃO DA ESTRUTURA SLAB FLOOR EM DATA CENTERS PARA O AUMENTO DA EFICIÊNCIA CLIMÁTICA E REDUÇÃO DE CUSTOS<sup>1</sup>

Fernando Gorgen Radici

**Resumo:** Com o aumento do consumo de conteúdo online, cresce a necessidade de processamento e armazenamento em nuvem, característica que tem exigido a expansão e a criação de novos data centers. Em data centers, o sistema de climatização, é um grande consumidor de energia e tem impacto direto nos custos operacionais de tais ambientes. A infraestrutura utilizada na construção dos data centers, tem um forte impacto no seu modelo de refrigeração, implicando em melhorias que podem ampliar a eficiência climática e, por conseguinte, uma redução dos custos com refrigeração. Este trabalho trata-se de um estudo bibliográfico sobre a utilização da estrutura *slab floor* (piso convencional) e *raised floor* (piso elevado), um comparativo entre as duas abordagens será realizado, expondo o impacto da utilização da estrutura *slab floor* na eficiência climática e redução de custos em data center.

**Palavras-chave:** data center, *slab floor*, *raised floor*, climatização.

### 1 INTRODUÇÃO

A conectividade provida pela Internet tem gerado uma mudança no comportamento das pessoas, que passaram a consumir conteúdos de forma on-line. Segundo Cisco (2016), este comportamento tem aumentado em três vezes o tráfego de dados a nível mundial, o que leva a criação de novos centros de dados para hospedar e disponibilizar tais conteúdo. Boa parte deste crescimento é oriundo da utilização de serviços em nuvem, como por exemplo, os aluguéis de hospedagem, *cloud computing*, *big data* e serviços de *streaming*, além de novas demandas computacionais, provenientes da IoT (*Internet of Things*). De acordo com a Cisco (2016), a previsão é de se gerar por

---

<sup>1</sup> Artigo apresentado como Trabalho de Conclusão do Curso de Especialização em Data center: Projeto, Operação e Serviço, da Universidade do Sul de Santa Catarina, como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Data center: Projeto, Operação e Serviço.



volta de 400 zettabytes de dados até 2018 e de se conectar 50 bilhões de dispositivos a internet até 2020.

Para criar data centers que suportem este crescimento, é necessário idealizá-los e planejá-los de acordo com cada demanda, tendo em vista que diferentes demandas podem ser atendidas pela infraestrutura a ser projetada. Esta idealização e posterior planejamento, afetam o valor do investimento a ser feito, tanto de forma positiva quanto negativa, de acordo com a tomada de decisão.

A infraestrutura interna de um data center deve favorecer primordialmente a refrigeração eficiente do ambiente, e prezar pela fácil manutenção, organização e expansão de seus ativos computacionais e passivos de rede, além de prever mecanismos que propiciem as redundâncias necessárias para manter a disponibilidade dos serviços. Neste contexto, duas estruturas de piso, a *raised floor* e a *slab floor*, podem ser adotadas no data center para melhor organizar, distribuir, alimentar e refrigerar os equipamentos internos do data center.

Usualmente é utilizada a expressão piso elevado para *raised floor* e piso convencional para *slab floor*. Estas estruturas internas de piso, impactam diretamente no projeto do data center, tanto em custo dispendido para a sua construção, quanto no custo gasto com os componentes que delas são dependentes. A estrutura de piso implica não só no layout e distribuição dos ativos e passivos, mas também na infraestrutura necessária para atendê-los, que vão desde as estruturas para suportar o cabeamento estruturado e circuitos elétricos, tubos para distribuição, insuflamento de ar refrigerado, entre outros mecanismos.

É importante observar que a climatização de um data center tem impacto direto na estrutura de piso a ser adotada, e a refrigeração é um dos fatores que mais agravam no consumo de energia. Obter eficiência na climatização de um data center é alcançar uma melhor eficiência energética, e por consequência, menores custos operacionais.

Esta pesquisa tem como objetivo comparar as estruturas *slab floor* e *raised floor* usadas em data center. O enfoque principal será avaliar a melhora na eficiência do sistema de climatização quando empregado a estrutura *slab floor* e os custos relacionados a sua implantação também serão avaliados.

Para descrever esta pesquisa, este artigo está dividido em três seções distintas, e organizadas da seguinte forma: na seção dois é apresentado em detalhes os contextos em

que são utilizadas as estruturas de piso propostas no estudo. Na seção três, são apresentados os estudos comparativos entre as estruturas *slab floor* e *raised floor*. Por fim, na seção quatro, serão apresentados os resultados obtidos com o comparativo.

## 2 A ESTRUTURA DE CLIMATIZAÇÃO EM DATA CENTER

É uma preocupação global conceber produtos e soluções que gerem o menor impacto ambiental possível, e no contexto de data center não é diferente. Projetistas e gestores estão preocupados em utilizar soluções menos poluentes, capazes de consumir somente os recursos necessários para o seu propósito, surgindo assim, o conceito de *Green IT (Information Technology)*, no português, TI verde.

A ideia por trás deste conceito é projetar, fabricar e utilizar equipamentos de rede e outros equipamentos eletrônicos de maneira eficaz, com mínimo impacto ao ambiente, fazendo com que o uso da TI (Tecnologia da Informação), suporte outras iniciativas ambientais que possam depender de tecnologia e ajude a criar uma consciência verde (Murugesan, 2008).

Neste contexto, como data centers são grandes consumidores de energia elétrica, todos os esforços devem ser priorizados para a obtenção de eficiência neste quesito. Tipicamente, o consumo de energia em um data center é de 36% para os equipamentos de TI, 11% são gastos em conversão de energia, 3% com iluminação, e em média, 50% do consumo de energia elétrica de um data center, são gastos com a sua refrigeração (COLOCATION AMERICA, 2014).

A Figura 1, apresenta os principais consumidores de energia elétrica em um data center, enfatizando o consumo gerado pelos equipamentos de TI.

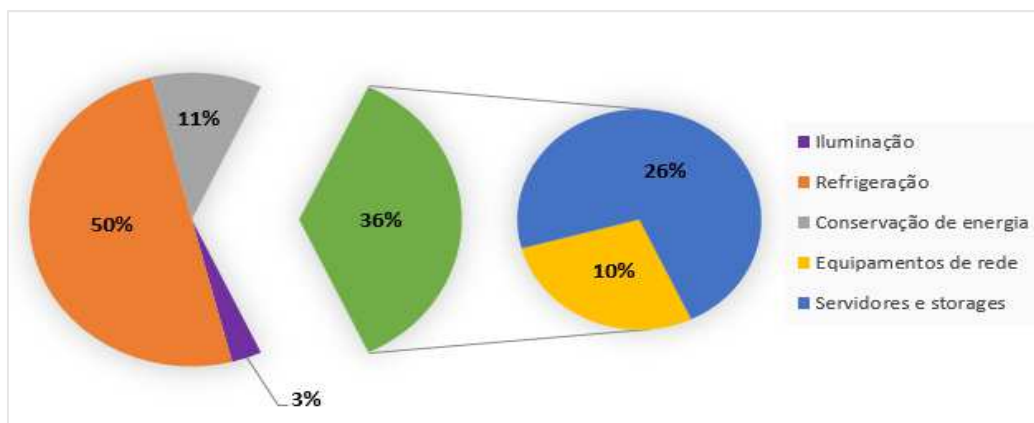


Figura 1: Consumo de energia elétrica de um data center (ColocationAmerica,2014)



Sabendo que 50% dos custos com energia em um data center está relacionado a refrigeração, a eficiência em climatização, torna-se um dos pilares para a redução do consumo de energia. Os layouts empregados na construção de suas salas, juntamente com as definições do modelo de climatização a ser utilizado, irão contribuir para sua eficiência operacional. Neste contexto, dois tipos de pisos podem ser utilizados na concepção destes ambientes, o *raised floor* e o *slab floor*.

## **2.1 O *raised floor***

O *raised floor*, popularmente conhecido como piso elevado, foi desenvolvido na década de 60 e foi descrito oficialmente em detalhes em 1983 no documento FIPS PUB 94 - “*Guideline for Electrical Power for Automatic Data Processing Installations*” (1983), sendo que, o seu desenho básico se mantém até hoje. Na estrutura *raised floor*, é criada uma estrutura de piso especial sobre a laje do data center. O espaço entre o piso elevado e a laje é utilizado para a passagem de cabamentos diversos, servindo também como encaminhamento para o ar insuflado ou dutos de água resfriada, estruturas que são utilizadas pelo sistema de climatização.

Placas perfuradas junto a outras placas sem perfuração formam o piso elevado, que geralmente são feitos de cimento e aço carbono ou alumínio fundido para suportar o peso dos equipamentos, e tem como estrutura de suporte pedestais de sustentação reguláveis de armações metálicas. De acordo com a especificação da ABNT NBR 14565:2013 (2013), a placa do piso elevado deve ter dimensão padrão de 600X600 mm (milímetros), tanto a lisa quanto a perfurada. E a altura entre a laje e o local onde ficam os equipamentos de TI é de no mínimo 400mm, mas pode variar de acordo com o sistema de climatização, podendo chegar a 1000mm.

## **2.2 O *slab floor***

O *slab floor* tem como base a própria laje do andar onde o data center é instalado. Faz uso de encaminhamento aéreo para a passagem do cabeamento estruturado, enlaces elétricos, e para ligação dos componentes necessários para a climatização.

De acordo com a ABNT NBR 14565:2013 (2013), a estrutura de encaminhamento vertical e horizontal, como eletrocalhas e leitos, deve ser instalada acima dos racks, em



uma altura superior a 2100mm, para acomodar os cabeados, facilitar a manutenção, distribuir seu peso e não interferir no fluxo de ar dos equipamentos.

### 2.3 Elementos da climatização

Para as estruturas *slab floor* e *raised floor*, podem ser utilizados sistemas de climatização específicos para cada uma, ou sistemas que atendam ambas as estruturas. De maneira geral, os sistemas de refrigeração comumente utilizados são o *computer room air conditioning* (CRAC), que utiliza o condicionamento de ar a partir de condensadores, e o *computer room air handler* (CRAH), sistema que utiliza o condicionamento de ar através de uma unidade de resfriamento de água, conhecida como *chiller*.

Os racks com os equipamentos de TI, são posicionados formando corredores, frios e quentes. Os *cold aisle containment* (CAC), corredores frios, são gerados direcionando o ar frio para a frente dos racks. E os corredores quentes, o *hot aisle containment* (HAC), são criados isolando o corredor onde é efetuada a saída de ar dos racks, parte traseira do rack, que é onde o calor é dispersado.

## 3 BASE BIBLIOGRÁFICA COMPARATIVA

Para o comparativo entre as estruturas *slab floor* e a *raised floor*, foram avaliados os trabalhos de Srinarayana et al. (2012), Avelar (2012), Rasmussen (2017), Niemann et al. (2012) e Fruchier et al. (2017). A seguir, serão apresentadas as avaliações segundo os autores, relacionando o impacto do uso de tais estruturas, na climatização do data center.

- **Avaliação sob a ótica de Srinarayana et al (2012)**

Srinarayana et al (2012), comparou as distribuições do condicionamento do ar em um data center hipotético, gerando dados através da ferramenta CFD (*computational fluid dynamics*) FloVENT V9.1 onde foi aplicado um modelo numérico, utilizando-se tanto de estruturas *raised floor*, quanto de *slab floor*. Em seu comparativo, para a estrutura de piso *raised floor*, as seguintes estruturas para insuflar o ar condicionado foram aplicadas para a comparação:

- **Base Layout:** é utilizado somente o piso elevado acima da laje.



- ***Cold-Aisle Containment with Side Panels (RF-CAC-side)***: é implementada a utilização de corredores frios junto a painéis de contenção nas laterais do rack, no piso elevado.
- ***Cold-Aisle Containment with Top Panels (RF-CAC-top)***: é implementada a utilização de corredores frios junto a painéis de contenção no topo dos racks, no piso elevado.
- ***Overhead Return with Ceiling Vents (RF-OR-vents)***: é implementado o retorno do ar quente por ventiladores acima dos corredores quentes, no piso elevado.
- ***Overhead Return with Ceiling Ducts (RF-OR-ducts)***: é implementado o retorno do ar quente por ventiladores junto a dutos acima dos corredores quentes, no piso elevado.

Para a avaliação da estrutura *slab floor*, chamada pelo autor de *non-raised floor*, as seguintes estruturas para insuflar o ar foram realizadas para a comparação:

- ***Base Layout (NRF-base)***: é utilizado somente o piso convencional.
- ***Overhead Return with Vents (NRF-OR-vents)***: é implementado o retorno do ar quente por ventiladores acima dos corredores quentes, no piso convencional.
- ***Overhead Return with Ducts (NRF-OR-ducts)***: é implementado o retorno do ar quente por ventiladores junto a dutos acima dos corredores quentes, no piso convencional.
- ***Overhead Supply (NRF-OS)***: é implementada com a injeção de ar acima do corredor frio, no piso convencional.
- ***Overhead Supply with Room Return (NRF-OSR)***: é implementada com a injeção de ar acima do corredor frio e ventiladores acima do corredor quente, no piso convencional.

O sistema de ar condicionado usado para este teste, foi o *computer room air conditioning* (CRAC), respeitando as indicações da ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*).

Após as análises dos dados de cada uma das distribuições, foi apresentado resultado quanto a temperatura máxima do ambiente do data center. Na Tabela 1 são apresentadas tais informações.

Tabela 1 – Comparação de temperaturas máximas

Distribuição	Temperatura Máxima (°C)
<b>Raised floor</b>	
Base layout	44
RF-CAC-side	39,1
RF-CAC-top	36,5
RF-OR-vents	36
RF-OR-ducts	33,8
<b>Slab floor</b>	
NRF-base	46,4
NRF -OR-vents	40,2
NRF -OR-ducts	35,2
NRF -OS	45,9
NRF -OSR	31

Fonte: SRINARAYANA et al., (2012)

Com a análise das temperaturas, foi constatado que a melhor distribuição é a *NRF -OSR*, relacionada a estrutura *slab floor*. Ela foi a que apresentou a melhor redução de temperatura, seguida pela distribuição *RF-OR-ducts*, relacionada a estrutura *raised floor*. Além disso, é importante ressaltar que durante a utilização da estrutura *raised floor* deste estudo, não haviam obstruções nas placas perfuradas e todas elas estavam insuflando a capacidade máxima de ar resfriado para os racks.

- **Avaliação sob a ótica de Avelar (2012)**

Para Avelar (2012), a utilização da estrutura de cabeamento abaixo do piso do data center, estrutura *raised floor*, causa inevitavelmente, o bloqueio do ar resfriado, devido o desvio do ar frio pelos interruptores de cabos. O bloqueio causado por cabeamento ocorre quando são adicionados novos cabos e os antigos são mantidos para minimizar o risco de inatividade momentânea do sistema, deixando para serem retirados posteriormente, o que acaba não ocorrendo, iniciando, assim, um processo de criação de pontos de calor abaixo do piso elevado no data center.

O desvio do ar frio, gerado pelos interruptores que distribuem os cabos para os racks e para as *power distribution units* (PDUs), acabam gerando uma perda deste ar frio

para o corredor quente. Isto ocorre por não haver a vedação necessária, causando uma ineficiência na distribuição do ar.

Como exemplo, foi projetado um data center hipotético utilizando o sistema de ar condicionado CRAH, com as estruturas de *raised floor* e de *slab floor*. Com base em equações numéricas de equilíbrio de energia para as entradas de ar do rack e o fornecimento de CRAH e o ar de retorno, foi apresentado o seguinte resultado quanto a eficiência do sistema de climatização. A Tabela 2 apresenta a comparação da eficiência das estruturas.

Tabela 2 – Comparação da eficiência das estruturas

Raised floor	
Ar de entrada do rack	18,3°C
Ar de entrada de CRAH	17,7°C
Ar de retorno de CRAH	23°C
Número de unidades CRAH	42
Consumo de energia do ventilador	160KW
Consumo de energia da bomba	20KW
Consumo de energia total	180KW
Slab floor	
Ar de entrada do rack	20°C
Ar de entrada de CRAH	19,4°C
Ar de retorno de CRAH	29,6°C
Número de unidades CRAH	31
Consumo de energia do ventilador	118KW
Consumo de energia da bomba	19KW
Consumo de energia total	137KW

Fonte: AVELAR, (2012)

Como resultado, foi obtida uma eficiência de 24% no consumo de energia total utilizando a estrutura de *slab floor*. Nota-se também que foram necessárias 26% menos unidades de CRAH para manter o sistema de climatização entregando o que foi solicitado pelo data center. Foi constatada que a utilização da estrutura *slab floor*, com encaminhamento acima do rack, maximizou a insuflação do ar para os mesmos, ao contrário da *raised floor* que, geralmente, apresenta obstrução das placas perfuradas nas câmaras de distribuição de ar.





- **Avaliação sob a ótica de Rasmussen (2017)**

Para Rasmussen (2017), a utilização da estrutura de *raised floor*, na ótica da refrigeração, só é válido se aplicada com sistema de refrigeração do tipo CRAH (*computer room air handler*), pois facilita a passagem dos dutos de água resfriada. Outro diferencial visto pelo autor na estrutura *raised floor*, é que podem ser aplicados em data centers onde seus operadores preferem ter a liberdade de alterar as saídas de ventilação, sem a necessidade de uma mão-de-obra especializada, já que podem alterar as tampas perfuradas do piso, de acordo com a sua necessidade.

Já quanto a utilização do *slab floor*, ainda na ótica da climatização, ela tem grande aderência para a maioria dos data centers, por apresentar diversas estruturas a serem implementadas, não ficando confinadas aos encaminhamentos do *raised floor*. Alguns exemplos destas estruturas são mecanismo de trocadores de calor na porta traseira do rack, resfriamento baseado em contenção de corredor quente, retentor de teto suspenso para o CRAC com placas de teto ventilada e contenção de corredor quente com retorno para a planta de resfriamento central. Esta gama maior de possibilidades, permite implementações de diversos tipos e diversos custos, tanto mais altos quanto mais baixos, em comparação a estrutura *raised floor*.

- **Avaliação sob a ótica de Niemann et al. (2012)**

O mecanismo de contenção do ar fazendo uso de corredores quente ou frio em data center, pode ser utilizado para as duas estruturas de piso estudada, mas é mais comumente encontrada a contenção do corredor frio (CAC) para estruturas *raised floor* e a contenção do corredor quente (HAC) para estruturas *slab floor*.

De acordo com Niemann et al. (2012), a utilização de corredores frios, provocam um problema na estrutura do data center por aumentar a temperatura do ambiente de trabalho, sendo necessária a sua climatização. Com a contenção do corredor quente, é eliminado este problema, e maximiza a eficiência do sistema de climatização do tipo CRAH. Com a adoção de enclausuramento de corredores, segundo o autor, a utilização de HACs pode ter uma eficiência de 43% em comparação com a utilização de CACs.

- **Avaliação sob a ótica de Fruchier et al. (2017)**

Fruchier et al. (2017), apontam a utilização de um sistema de *freecooling* como uma solução de climatização eficiente para data centers. *Freecooling* tem como conceito utilizar a temperatura do ar ambiente exterior para auxiliar na refrigeração de um sistema.

No estudo realizado por Fruchier et al. (2017), uma estrutura de *freecooling* foi aplicada em um data center pequeno, sala de servidores, de um laboratório de pesquisa da universidade de Perpignan Via Domitia operando com dois ares condicionados existentes, em uma estrutura de *slab floor*, foi constatado uma redução de consumo anual no sistema de climatização de 79,17%. O sistema de *freecooling* foi implementado em uma região geográfica onde as estações do ano são bem definidas, sendo possível utilizar o sistema de *freecooling* em um período de 6 a 7 meses no ano.

#### 4 DISCUSSÕES E RESULTADOS OBTIDOS

Ao analisar as estruturas *slab floor* e *raised floor*, é possível verificar características importantes de cada uma delas. Na tabela 3 são apresentadas características gerais de maneira simples de cada uma das estruturas.

Tabela 3 – Características gerais das estruturas *slab floor* e *raised floor*

Características	Raised floor	Slab floor
Estrutura aparente		X
Custo baixo		X
Material específico	X	
Adequações específicas	X	
Manutenção ágil		X
Fácil implementação		X

Fonte: do autor (2017)

Conforme apresentado na Tabela 3, a estrutura *raised floor* apresenta algumas considerações no que se refere a sua implementação, já que se torna necessário a criação de uma infraestrutura específica para a elevação do piso das salas e a criação de rampas para o acesso ao data center. De acordo com a ABNT NBR 14565:2013 (2013), é necessário que o ambiente tenha uma altura mínima de 2,6 metros entre a laje e o próximo obstáculo, como um forro ou teto, para que suporte a elevação do piso sem interferir na

instalação dos equipamentos. Tais características, afetam diretamente no custo de sua implementação e impõe restrições ao ambiente a ser utilizado. Em contrapartida, são observados como pontos positivos, a estrutura não aparente, o que deixa o ambiente com um aspecto mais limpo, e, como colocado por Rasmussen (2017), para a utilização dos dutos de água refrigerada do sistema de CRAH, por esconde-los abaixo do piso e facilitar a sua instalação.

Já a estrutura *slab floor*, apresenta considerações negativas no tocante a questão visual do ambiente, pois todo o cabeamento e dutos de refrigeração se tornam aparente, e a sua organização ou desorganização, são mais facilmente observadas. Por outro lado, por não ser necessária nenhuma adequação específica do ambiente, e não precisar utilizar-se de uma infraestrutura específica de piso, a estrutura *slab floor* tem apresentado um custo de implantação inferior ao da estrutura *raised floor*.

No quesito eficiência na refrigeração, é válido ressaltar que a estrutura de *slab floor*, segundo Avelar (2012) e Srinarayana et al (2012), tem apresentado maior eficiência em relação a estrutura de *raised floor*. Os autores observam que em um ambiente real, torna-se difícil manter o fluxo de ar fluindo sem obstruções abaixo do piso elevado, pois novas instalações de cabeamento poderão gerar interferência neste fluxo e, por consequência, uma maior ineficiência ao sistema de climatização.

Avelar (2012), descreve em seus estudos que a estrutura *slab floor* em relação a *raised floor*, apresenta uma taxa de eficiência de 24% no consumo de energia total do data center. Em sua pesquisa, foram simulados os custos para se manter um data center, por 31 dias de forma ininterrupta, utilizando as estruturas *slab floor* e *raised floor*. A Tabela 4 apresenta os valores obtidos.

Tabela 4 – Comparação energética entre as estruturas *slab floor* e *raised floor*

ESTRUTURA	CONSUMO ENERGIA MENSAL	CUSTO ENERGIA MENSAL
Slab Floor	101.928 KWh	R\$63.195,36
Raised Floor	133.920 KWh	R\$83.030,40

Fonte: Adaptado de Avelar (2012)

Fruchier et al. (2017) descrevem uma economia de energia de 79,17% com a implementação de *freecooling*, utilizando a estrutura *slab floor*. A Tabela 5 apresenta a relação de consumo anual entre as estruturas apresentadas.



Tabela 5 – Comparação de consumo das estruturas

ESTRUTURA	CONSUMO ENERGIA ANUAL	CUSTO ENERGIA ANUAL
Slab floor com climatização freecooling	2.510 KWh	R\$1.556,20
Slab floor com climatização convencional	12.000 KWh	R\$7.440,00

Fonte: Adaptado de Fruchier et al. (2017)

Para o cálculo dos custos de energia elétrica apresentado na Tabela 4 e na Tabela 5, foi aplicada a tarifa atual praticada pela Companhia Estadual de Energia Elétrica do estado do Rio Grande do Sul, CEEE (2017), que é de R\$ 0,62. Analisando o sistema de *freecooling* apresentado por Fruchier et al. (2017), é possível pensar em adapta-lo a uma estrutura *raised floor*, mas utilizar esta estrutura não seria usual, já que não compensaria o custo de implementação, tendo em vista que o principal benefício obtido, seria somente facilitar o encaminhamento do cabeamento.

## 5 CONCLUSÕES

Esta pesquisa mostra que existe um consenso, entre a maioria dos autores estudados, de que a estrutura *slab floor*, por apresentar uma melhor eficiência climática, e um menor custo de implantação, torna-se a estrutura de piso mais indicada para a utilização em data center.

Data centers estão em constante crescimento, e seus espaços físicos estão em processo de otimização, isso faz com que os ambientes, atualmente utilizados, sejam repensados. Torna-se mais favorável a utilização de uma estrutura de piso que melhor se adeque a esta mudança.

Com base no levantamento realizado por este estudo, dentro da ótica da eficiência da refrigeração e da eficiência energética, é válido afirmar que utilizar estruturas *raised floor* vai contra o que é proposto em um conceito de *green IT*, por serem menos eficientes energeticamente em relação as estruturas *slab floor*.

Existe uma concordância entre muitos profissionais e estudiosos da área, de que a infraestrutura *raised floor* está em processo de inutilização, sendo tratada como um resquício de implementações antigas e não indicadas para novas implementações, não interessando o tamanho da estrutura do data center. Mesmo quando indicada para a



passagem dos dutos de água resfriada dos sistemas CRAH, ela é colocada em discussão, já que estes, também podem ser implementados em estruturas *slab floor*.

Como trabalho futuro, estudos mais aprofundados podem ser gerados, e um comparativo mais abrangente entre as duas estruturas pode ser realizado, comparando-se também quesitos de segurança e facilidade operacional.

## REFERÊNCIAS

AVELAR, Victor. **Como o Cabeamento Elevado Economiza Energia em Data Centers – white paper 159 revisão 0**. 2012. Disponível em: [whitepapers.apc.com](http://whitepapers.apc.com).

ABNT. **ABNT NBR 14565:2013**. 2013. Disponível em: [www.abntcatalogo.com.br](http://www.abntcatalogo.com.br)

ASHRAE. **American Society of Heating, Refrigerating & Air-Conditioning Engineers**. 2017. Disponível em: <https://www.ashrae.org/>.

CEEE. **Companhia Estadual de Distribuição de Energia Elétrica**. 2017. Disponível em: <http://www.cee.com.br/>. Acesso em 27 AGOSTO 2017.

CISCO, News. **O tráfego global de IP vai multiplicar-se por três entre 2015 e 2020**. 2016. Disponível em: [www.cisco.com/c/pt\\_pt/about/press/news-archive-2016/20160608.html](http://www.cisco.com/c/pt_pt/about/press/news-archive-2016/20160608.html).

COLOCATION AMERICA. **Are The United States' Data Centers Wasting Energy?** 2014. Disponível em: <https://www.colocationamerica.com/blog/energy-wasting-data-centers>.

FIPS. **Standard: NTIS - AIR FORCE - FIPS PUB 94**. 1983. Disponível em: <http://standards.globalspec.com/std/671397/ntis-fips-pub-94>

FRUCHIER, Olivier; EGEA, Philippe; TALBERT, Thierry; GACHON, Dorian. **Mise en place d'un système de rafraîchissement d'un local informatique par ventilation hybride**. CETSIS2017, May 2017, Le Mans, France.

MURUGESAN, San. **Harnessing green IT: Principles and practices**. IEEE IT Professional, p. 24–33, 2008.



NIEMANN, John; BROWN, Kevin; AVELAR, Victor. **Impacto da Contenção em Corredores Quentes e Frios sobre a Temperatura e a Eficiência do Data Center – white paper 135 revisão 2.** 2012. Disponível em: [whitepapers.apc.com](http://whitepapers.apc.com).

RASMUSSEN, Neil. **Piso elevado vs. piso convencional.** Revista de Redes, Telecom e Instalações - RTI, ano.18, n.202, p. 18-25, março e n.203, p 22-26, abril. 2017.

SRINARAYANA, Nagarathinam; FAKHIM, Babak; BEHNIA, Masud; ARMFIELD, Steven W. **Thermal Performance of an Air-Cooled Data Center With Raised-Floor and Non-Raised-Floor Configurations.** 2013. Heat Transfer Engineering, 35:4, 384-397, DOI: 10.1080/01457632.2013.828559.