



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

Faculdade de Arquitetura e Urbanismo

Programa de Pós-Graduação

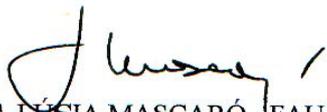
Curso de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo

Área de Concentração: Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo

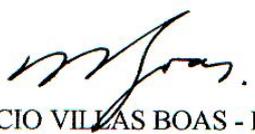
BANCA EXAMINADORA



Prof.^a MARTA A. B. ROMERO - FAU/UnB
orientadora



Prof.^a LÚCIA MASCARÓ - FAU/UFRS
membro



Prof. MÁRCIO VILLAS BOAS - FAU/UnB
membro

Título/Tema: "POR QUE MINHA JANELA TEM 1 M²?" - Análise e verificação dos índices técnicos do Código de Edificações do Distrito Federal relativos à iluminação natural.

Aluno: Arq. Márcio Albuquerque Buson

Local/Data: Brasília, 21 de julho de 1998.

Dedico esta dissertação à Lúcia Buson que a todo momento me incentivou, apoiou e ajudou. Sua presença em todos os momentos deste trabalho foi decisiva para uma boa realização do mesmo.

Fica a certeza de que sem a companhia dela eu não teria conseguido chegar aonde cheguei.

Agradecimentos:

À Prof^a. Marta A. B. Romero, pela amizade, orientação e paciência.

Aos demais professores da FAU/UnB, pelas diversas contribuições e experiências transmitidas.

Aos colegas de mestrado, pelo incentivo e amizade sempre constantes.

À CAPES, pelo apoio oferecido durante o período de estudo e trabalho.

À Administração Regional de Brasília e ao Governo do Distrito Federal, por terem acreditado na importância deste trabalho e dado o apoio necessário à realização do mesmo.

RESUMO

Esta dissertação trata da análise e verificação dos índices técnicos presentes no Código de Edificações do Distrito Federal relativos à iluminação natural.

O Código de Edificações de Brasília passou por mais uma revisão, a qual resultou num novo código que servirá para todo o Distrito Federal. Diversos aspectos, parâmetros e algumas determinações e exigências que influenciam na execução de projetos de arquitetura e engenharia e, em consequência, interferem nas edificações foram mais uma vez questionados.

Vários índices técnicos do código foram reavaliados. Dentre estes ressaltamos os relativos à iluminância natural dos compartimentos, os quais, a nosso ver, têm grande influência no conforto, bem-estar e saúde das pessoas que utilizam as edificações.

Estes índices passaram por poucos ou nenhum estudo aprofundado no Distrito Federal. A revisão do código baseou-se em uma coletânea de legislações do país para se determinar por simples comparação e amostragem quais seriam os “melhores” valores a serem adotados como referência para os índices técnicos. Fica a dúvida maior se também os demais códigos já não tenham sido redigidos utilizando-se do mesmo ciclo vicioso e, mesmo em caso contrário, se estes realmente seriam os mais adequados à situação climática e às tipologias dos edifícios do Distrito Federal.

Buscando contribuir para a superação de prováveis distorções do código, a investigação realizada nesta dissertação desenvolveu estudos, pesquisas, análises e verificações a fim de que as regulamentações que orientam as construções no Distrito Federal fossem uma ferramenta prática e correta para se assegurar o mínimo de conforto e bem-estar para a população que aqui vive.

Foram analisados e verificados os índices técnicos que tratam do tamanho dos vãos de iluminação dos compartimentos residenciais, das dimensões das reentrâncias e recuos nas fachadas que possuem aberturas para iluminar e dos afastamentos mínimos entre edificações.

Chegamos a valores apropriados à realidade do Distrito Federal. Valores estimados e dimensionados para a situação climática e configurações urbanas da nossa região.

ABSTRACT

This essay is about the analysis and checking of the technical contents in Code of Building of Federal District related to natural lighting.

The Code of Building of Brasilia has been once more revised, and it has been changed to a code for all Federal District. Many aspects, parameters, and some resolutions and demands that cause influence on accomplishments of architecture and engineering projects and, as a result, interfere in buildings were once more called in question.

Many technical contents of the Code were analysed. The main points are related to room natural lighting which, in our point of view, are the ones that cause influence in comfort, well being and wealth.

Those contents have not been studied deeply in Federal District at all. The code review was based on much other legislation throughout the country in order to establish by mere comparison and samples the “best” topics to be accepted as character of the technical contents. But, there is a doubt, if the other codes have already been written using the same way and, even if they have not, those codes are really appropriate to the climate and building types of Federal District.

Trying to get over those mistakes, researches, studies, analysis and check-ups have been done, so that the rules that guide the Federal District constructions can be a practical and true tool to keep the comfort and well being of the population.

The following points were analysed and checked-up; the technical contents that deal with the size of the lighting space in residential places, the dimensions of recess and set backs in fronts that have brightened holes and minimum distances between buildings.

We reached to rates, appropriated to Federal District reality, rates that really work in our area’s climate and urban form.

SUMÁRIO

Resumo _____	03
Abstract _____	04
Sumário _____	05
1. INTRODUÇÃO _____	06
1.1 Considerações Iniciais _____	06
1.2 Considerações sobre Brasília e seu Plano Diretor _____	09
1.3 A legislação sobre edificações em Brasília _____	10
1.4 Índices técnicos presentes nos códigos de edificações _____	13
2. O ESTUDO DOS ÍNDICES TÉCNICOS _____	14
3. DESENVOLVIMENTO DA ANÁLISE PROPOSTA _____	15
4. CARACTERIZAÇÃO DOS AMBIENTES _____	22
4.1 Definição dos tipos de obstruções externas _____	25
4.2 Definição dos pontos a serem observados nos ambientes _____	29
4.3 Definição da luminância da abóbada celeste _____	30
5. MÁSCARAS DE SOMBRA _____	32
6. ÂNGULOS DE OBSTRUÇÃO E REFLEXÕES EXTERNAS _____	35
7. PROCESSO DE CÁLCULO _____	38
8. PLANILHA DE CÁLCULO _____	40
9. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS _____	43
10. ANÁLISE DOS RESULTADOS DOS CÁLCULOS _____	86
11. SUGESTÕES / PROPOSTAS _____	90
12. CONSIDERAÇÕES FINAIS _____	101
13. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS _____	103

ANÁLISE E VERIFICAÇÃO DOS ÍNDICES TÉCNICOS DO CÓDIGO DE EDIFICAÇÕES DO DISTRITO FEDERAL RELATIVOS À ILUMINAÇÃO NATURAL

1. INTRODUÇÃO

1.1 Considerações Iniciais

As sociedades humanas aumentaram em tamanho e passaram a ocupar maiores parcelas do solo com o decorrer dos tempos. Diferentes grupos começaram a se fixar e a compartilhar os mesmos locais. Povoados, vilas, urbes foram se formando e crescendo. Em algum momento o acúmulo ou o excesso de população tornou-se um problema, uma preocupação. Inevitavelmente, parte destas sociedades sentiu a necessidade de criar e utilizar algumas formas de restrições e exigências para indicar e melhor controlar os caminhos a serem seguidos nestas aglomerações humanas.

As sociedades existem juntamente com regras ou leis que orientam a vida destas. Neste sentido, optamos por uma definição de sociedade como sendo uma “associação de pessoas submetidas a um regulamento comum, ou um grupo de indivíduos que se junta para viver de acordo com as normas de um instituto ou ordem religiosa, ou um agrupamento de homens ou de animais que vivem de acordo com uma lei que lhes é comum”¹. Leis, normas, regulamentos, restrições e exigências que influenciavam e interferiam não só na vida das pessoas como na própria forma urbana foram utilizadas para, por exemplo, garantir a segurança e bem-estar dos habitantes, para facilitar ou inibir certas atividades e usos, para rejeitar ou acolher determinado tipo de pessoa, como velhos, crianças ou enfermos, e, também, para assegurar alguma posição de autoridade e de dominação. Rapoport (1977:17) diz que:

“La gente actúa apropiadamente en diferentes lugares porque trata de ajustar su comportamiento a las normas de comportamiento propias en cada lugar de su cultura particular.”

¹ Dicionário Eletrônico Michaelis: Melhoramentos da Língua Portuguesa.

Ao pensar nestes lugares ou nestas cidades, muitas vezes afirmamos que tais edifícios e os espaços vazios entre estes são os aspectos que mais caracterizam tal local, praça, bairro, ou mesmo, toda a cidade. Esquecemos, certamente, de reconhecer que estes edifícios e espaços abertos podem ter sido caracterizados, ou mesmo preconcebidos, por alguma norma, ou por várias, através de regulamentos ou códigos de edificações e de obras. Estes, em diversos momentos, determinaram, arbitraram, exigiram, ou impuseram aos edifícios e arredores suas formas, dimensões, materiais, estilos, tamanhos de aberturas, tipos de utilização e de atividades, sistemas construtivos, aspectos de segurança, saúde e higiene, número de habitantes, e outros. Colocado isto à vista, não seria, então, mais apropriado, ou mais correto, considerar tais códigos como uma das melhores características para definir algum lugar?

Aos legisladores, aos profissionais da construção civil e aos moradores urbanos caberia, então, reconhecer as influências, boas e más, que as legislações causaram e ainda causam nas edificações e nas áreas urbanas e tentar melhorar, através das experiências vividas, as determinações que influenciam na satisfação ou na não satisfação das necessidades atuais e das novas que a todo o momento surgem.

A questão da influência das normas na vida e forma urbanas foi estudada por diversos autores, dentre os quais destacamos os trabalhos de Reis (1970), Freire (1914, 1916, 1918), Bruand (1981) e Rezende (1982). No Brasil, podemos encontrar a influência das normas desde o período colonial. As vilas e cidades brasileiras deste período têm muitas características comuns com a arquitetura das cidades portuguesas. Estas semelhanças foram, muitas vezes, provocadas, produzidas ou determinadas pelas *Cartas Régias*. Reis (1970:24) afirma o seguinte:

“As casas eram construídas de modo uniforme e, em certos casos, tal padronização era fixada nas Cartas Régias ou em posturas municipais. Dimensões e número de aberturas, altura dos pavimentos e alinhamento com as edificações vizinhas foram exigências correntes no século XVIII,” e que estas exigências “revelam uma preocupação de caráter formal, cuja finalidade era, em grande parte, garantir para as vilas e cidades brasileiras uma aparência portuguesa.”

As Cartas Régias definiam a uniformidade dos terrenos, e esta correspondia à uniformidade dos partidos arquitetônicos. Indubitavelmente, outros fatores, como a mão-de-obra e as técnicas e materiais de construção disponíveis influenciaram na escolha de qual ou quais partidos seriam adotados. Contudo, é patente que as restrições e imposições sobre as edificações e sobre os lotes constantes nas regulamentações tiveram um peso maior. Este fato se faz claro quando novas tecnologias, novos hábitos, novas idéias de implantação, novos estilos arquitetônicos vão surgindo, e com eles vai surgindo, também, a necessidade de alteração dos

códigos, de serem retiradas ou reformuladas certas determinações, limitações ou restrições, e de serem modificados os tamanhos e a forma dos lotes e, em consequência, dos edifícios, para, só assim, as novidades serem implantadas. Sendo que, assim que as novidades fossem traduzidas em linguagem normativa, estas, como os partidos arquitetônicos anteriores, poderiam ser caracterizadas pelas novas normas, pelas restrições ou permissões constantes das novas regulamentações, uma vez que estas passariam a ditar os novos “modelos predeterminados” a serem seguidos ou a serem forçosamente adotados nos projetos arquitetônicos e urbanísticos.

Os códigos sobre edificações podem facilmente ser considerados como os carcereiros da arquitetura ao determinarem o tamanho e forma dos lotes. A arquitetura está presa ao tipo de lote, sendo, como Reis (1970:16) mencionou:

“...um traço característico da arquitetura urbana a relação que a prende ao tipo de lote em que está implantada.”

Com o ecletismo chegando às cidades brasileiras no século XIX, foram surgindo novas implantações e novas soluções no campo da construção. As entradas laterais, os afastamentos laterais, o jardim ao lado das residências, novas possibilidades de arejamento e iluminação, novas técnicas, novos materiais. As construções pediam para ficarem livres do alinhamento das ruas e das divisas laterais. As transformações foram tão expressivas que em alguns locais foi necessário, como anteriormente citado, alterar as normas para permiti-las. A arquitetura ficava livre do antigo grilhão, mas, todavia, passava a ficar atrelada à nova legislação. Surgiram novas propostas, novos bairros nas cidades. A nova legislação que obrigava as edificações manterem-se afastadas dos limites dos lotes assumia uma falsa aparência com os chamados bairros-jardim, destinados às classes mais abastadas, que ofereciam lotes mais amplos e jardins para os seus moradores. Mesmo que estes não quisessem tanto jardim ou tanta área livre dentro de seus lotes, seriam obrigados a mantê-los.

Em várias cidades do Brasil, a aceitação ou utilização das novas tendências, lotes mais largos e com menor profundidade, foram demoradas. Este quadro foi bem retratado por Reis (1970:79) quando ele comentou o seguinte:

“Persistiam os lotes urbanos herdados do século XIX, nos quais se construíam imensos edifícios de concreto. O atendimento às exigências do mundo contemporâneo era tentado apenas com adaptações da arquitetura, sem considerações pelos aspectos urbanísticos. Os novos tipos de edificação, edifícios de apartamento e escritório, conservariam os mesmos lotes e os mesmos esquemas de relacionamento com esses, como as antigas habitações, cujos terrenos tinham vindo ocupar. Torturavam-se então as plantas, a tentar conciliar os velhos esquemas com as novas estruturas. Ocupando novamente dois ou três dos limites laterais dos terrenos, sobravam as áreas internas como soluções para arejamento e

iluminação dos vários compartimentos afastados da rua. Agora, contudo, as dimensões de áreas livres, que haviam bastado para iluminar uma residência térrea, não poderiam, senão de modo precário, atender às novas condições. A nomenclatura dos códigos era esclarecedora: desapareciam ‘áreas’ e surgiriam ‘poços’. Nem poderia ser de outro modo, se os próprios códigos exigiam que edificações nesse gênero fossem levantadas sobre limites e alinhamentos.”

Como citado inicialmente, os códigos ou posturas municipais trazem, ou deveriam trazer, em suas essências a vontade de garantir a segurança e o bem-estar comum. Freire² (1918:231) defende que os códigos sanitários e municipais têm dois objetivos, sendo:

“O primeiro, proporcionar à parte da população que aspira viver num ambiente sadio e decente, e educar sua prole em condições de dignidade, disposições que lhe facilitem realizar essa tão legítima ambição; segundo, impedir que a outra parte restante, a qual pouco se importa com tudo isso ou é incapaz de tentar o esforço necessário para o alcançar, possa criar situações que venham a constituir ameaça para os vizinhos, para a comunidade e para a civilização.”

Neste sentido, os legisladores, sempre apoiados em regulamentações, produziram planos urbanísticos, obras de reurbanização e alterações na política do uso do solo. Contudo, mesmo com a intenção de melhorar, algumas normas simplesmente serviram de condicionante para as edificações, sem obter os resultados desejados. Cidades foram criadas ou remodeladas seguindo, na forma de regulamentações e exigências, o que os legisladores recomendavam. Para exemplificar este fato falaremos sobre a cidade de Brasília, seu Plano Urbanístico, sua legislação e sobre a forma pela qual esta legislação caracteriza e marca a forma e a vida nos edifícios e nos espaços urbanos no Distrito Federal.

1.2 Considerações sobre Brasília e seu Plano Diretor

O plano inicial de Brasília nasceu quando o projeto desenvolvido por Lúcio Costa foi escolhido por quase todos da comissão julgadora do *concurso nacional*³ aberto em 1956. Em 16

² Victor da Silva Freire Júnior. Engenheiro Civil diplomado pela Politécnica de Lisboa em 1888 e pela École des Ponts et Chaussées de Paris em 1891. Veio para São Paulo em 1895. Trabalhou de 1897 a 1898 na Comissão de Saneamento do Estado de São Paulo. De 1897 a 1937 foi professor da Escola Politécnica da USP, onde lecionava Materiais e Técnicas de Construção. De 1933 a 1934 foi Diretor da Politécnica. Introduziu as legislações pioneiras sobre insolação, código de obras, calçamento, transportes e concorrências públicas de São Paulo.

³ As condições básicas do concurso foram publicadas no Diário Oficial de 20 de setembro de 1956. O júri era formado pelo presidente da Novacap, Israel Pinheiro (sem direito a voto), por um representante do IAB, Paulo Antunes Ribeiro (o único a abster-se do voto final), por um representante da Associação dos Engenheiros, Horta Barbosa, por dois representantes do departamento de urbanismo da Novacap, Oscar Niemeyer e Stano Papadaki, e dois urbanistas estrangeiros, Willian Holford (um dos responsáveis pelo plano regulador de Londres) e o francês André Sive (arquiteto-conselheiro do Ministério da Reconstrução).

de março de 1957, o destino da nova capital estava lançado. Brasília nascia com um plano diretor rígido, uma cidade dividida em setores e apoiada nas orientações modernistas da Carta de Atenas⁴. Lúcio Costa, como dito por Bruand (1981:363):

“...optou conscientemente por um ‘plano fechado’ para a cidade, onde a rigidez absoluta seria uma salvaguarda preciosa contra a eventual incoerência de iniciativas futuras.”

Bruand (1981:363) defende esta alternativa escolhida por Lúcio Costa quanto ao que foi dito sobre ela, ser uma proposta com caráter autoritário e com a falta de possibilidades de adaptação no caso em que as previsões não fossem confirmadas pelo uso, ou fossem superadas, e diz:

“Não se deve esquecer que todo urbanismo comporta por definição medidas de ordem e restrições às liberdades individuais no interesse da coletividade; ora, sendo Brasília uma realização governamental, cujos esforços repousavam antes de tudo no setor público, não é de espantar que a iniciativa privada tenha sido, mais do que em outros lugares, enquadrada dentro de normas muito estritas. O rigor do esquema geral de modo algum exclui uma certa flexibilidade de aplicação.”

As normas que regulamentam a execução de projetos e a construção das edificações no Distrito Federal seguiram este caráter fechado do plano inicial para Brasília, sendo isto, segundo *Agache*⁵, muito apropriado para uma correta implantação de um plano urbanístico. *Rezende* (1982), sobre o plano de remodelação da cidade do Rio de Janeiro desenvolvido por Agache, comenta que:

“A legislação em anexo ao plano seria o próprio plano transformado em regulamentos. É a parte prática e também um dos elementos considerados necessários à execução do plano, um instrumento real de implementação. Dentro da visão do autor (Agache), em que o urbanismo tem por objetivo ordenar o desenvolvimento caótico das cidades, torna-se necessário recorrer à legislação, sem o que nenhuma realização de planta de remodelação e extensão se torna possível.”

1.3 A legislação sobre edificações em Brasília

O plano redigido por Lúcio Costa para Brasília, como já mencionado, trazia diversas orientações, determinações, ou melhor, exigências quanto aos tipos e às características das edificações a serem construídas em Brasília. Estas determinações serviram de exemplo para as primeiras regulamentações do Distrito Federal, estas foram implementadas através das chamadas plantas de cadastro e gabaritos, os quais continham todas as características a serem seguidas e

⁴ Carta de Atenas. Manifesto modernista ou documento final do Congresso Internacional de Arquitetura Moderna - CIAM, realizado em Atenas.

utilizadas nas edificações para os diferentes setores de Brasília. Só mais adiante é que surgiram as normas gerais de construção, desta vez separadas das plantas. Muitas destas normas foram resultadas das decisões do Conselho de Arquitetura e Urbanismo, criado para dispor sobre aspectos ligados às construções e edificações no Distrito Federal. Somente sete anos depois da inauguração da capital é que surgiria o primeiro código de edificações de Brasília, através do Decreto “N” n.º 596, de 8 de março de 1967, que, segundo a introdução do mesmo, dispunha sobre zoneamento, edificações, licenciamento e fiscalização de projetos e execução de todas as obras públicas e particulares de Brasília. Este código tratava-se de uma coletânea das diversas decisões do Conselho de Arquitetura e Urbanismo - CAU - da cidade, e os respectivos decretos assinados pelo governador homologando estas decisões, além dos anexos referentes à CEB, CAESB, Telebrasilândia e ao Corpo de Bombeiros.

Este primeiro código foi republicado em 1980, sendo atualizado e recebendo normas complementares. Mais de 100 Decisões e Decretos foram incorporados a esta nova publicação, além das normas do Correio e Telégrafos, Secretaria de Finanças, IAPAS, e os decretos e normas do CONFEA e CREA, NOVACAP e TERRACAP que tivessem ligação com o código de edificações. Para esta nova fase do código foi prevista uma atualização periódica, onde a cada ano as novas normas e decisões que fossem sendo elaboradas seriam devidamente divulgadas e oferecidas aos profissionais da construção civil através de novas publicações integrais do código, ou de opúsculos e suplementos em separado, dependendo do número de alterações.

As atualizações acabaram não ocorrendo. Praticamente uma década depois da publicação de 1980 é que o Governo do Distrito Federal, através do Decreto 11.428 de 24 de janeiro de 1989, nomeou uma comissão técnica responsável pela elaboração da revisão do código de edificações de Brasília. Surgiria, mais de um ano depois, o atual e ainda em vigor Código de Obras e Edificações de Brasília - COE. As normas deste novo código foram separadas em duas categorias: *Normas Relativas a Atividades* (NRA), que tratam das determinações e exigências para os diversos tipos de edificações divididas de acordo com os usos e atividades desenvolvidas nas mesmas, como residências em habitações unifamiliares e coletivas, centros comerciais, mercados, hotéis, cinemas, teatros, restaurantes, clubes, circos, estabelecimentos de ensino, postos de abastecimento, indústrias, armazéns, ginásios, hospitais, dentre muitas; e as *Normas Gerais de Construção* (NGC), que tratam das regulamentações que incidem sobre, por exemplo, os compartimentos, iluminação, ventilação, circulações, acessibilidade, sinalização e ocupação de áreas públicas.

⁵ Alfred H. Donat Agache. Urbanista fundador da Sociedade Francesa de Urbanismo.

Na revisão do COE/Brasília foram utilizadas diversas referências técnicas contidas em regulamentações e legislações de outras grandes cidades brasileiras. Segundo relato de profissionais que trabalharam na execução do mesmo, alguns índices técnicos da proposta para o novo código foram definidos através de uma coletânea dos valores mais utilizados, pressupondo, dessa forma, que a repetida utilização de determinado índice técnico seria um reflexo de um provável acerto na utilização do mesmo.

O Código de Obras e Edificações de Brasília passou por outra revisão⁶, a qual resultou num novo código⁷ que servirá para todo o Distrito Federal. Mais uma vez foram questionadas algumas determinações e exigências que influenciaram na execução dos projetos de arquitetura e nas edificações do Distrito Federal nas últimas três décadas, e que continuarão influenciando, por mais algum tempo, na vida das pessoas que continuarão utilizando estas edificações. Também foram discutidos os índices técnicos referentes aos vãos de iluminação e aeração, poços de iluminação e aeração, pés direitos mínimos, afastamentos mínimos, dimensões e áreas mínimas para os diferentes ambientes e circulações, formas de acessibilidade e sinalização.

Sem dúvida, ao legislador é dado o poder de influenciar, ordenar, restringir, liberar e impor suas idéias através das regulamentações que este irá criar e redigir. Desapareciam “áreas” e surgiriam “poços”, afastamentos mínimos de todas as divisas seriam exigidos, mesmo que os moradores não os quisessem. A vida nas cidades pode ser facilitada ou prejudicada principalmente pelas determinações e regras impostas ao uso do solo. O arquiteto, engenheiro ou construtor assume um papel de grande importância ao ter a responsabilidade de interpretar, da melhor maneira possível, as determinações impostas pelas legislações através dos seus projetos e obras, procurando garantir o bem-estar, a saúde e segurança dos usuários das edificações e da população. Os códigos, muitas vezes, dificultam esta, como diria *Freire*, “tão louvável tarefa”. As regulamentações e as posturas municipais têm sido, ao mesmo tempo, tanto as responsáveis por uma vida saudável dentro das cidades e edifícios, quanto as causadoras ou facilitadoras de muitos dos problemas urbanos, visto que algumas exigências normativas, como já citado, não passaram de imposições legais que não chegaram a obter os resultados esperados, ou pior, simplesmente prejudicaram a vida nas cidades.

⁶Esta revisão do COE/Brasília iniciou no início de 1996 e, após algumas prorrogações, foi concluída no início do segundo semestre de 1997.

⁷ Este novo código encontra-se em fase de análise na Câmara Legislativa Distrital, aguardando a aprovação para que possa ser implementado no Distrito Federal.

1.4 Índices técnicos presentes nos códigos de edificações

Como já citado, diversos índices técnicos presentes no Código de Obras e Edificações de Brasília foram reavaliados ou questionados. Podemos afirmar que dentre todos os índices técnicos presentes neste Código, os que mais interferem, ou os que influenciam diretamente no conforto, no bem-estar e, **principalmente, na saúde das pessoas que utilizam as edificações são os que tratam da iluminação natural dos compartimentos**⁸. Estes, infelizmente, passaram por poucos ou nenhum estudo aprofundado no Distrito Federal. Mesmo durante esta nova revisão do COE estes índices não foram suficientemente estudados, ainda que houvesse interesse para tal. Freire (1914:IX) comentava e defendia a importância que a luz natural tem sobre a vida das pessoas, principalmente no ambiente urbano:

“A importância da ação direta dos raios do sol é fundamental na construção das cidades. O espectro solar revelou-nos os raios ultravioletas como sendo microbicidas por excelência. Todos os micróbios sem exceção são aniquilados pelos raios do sol. Ora, é incontestável que o sol tem sido esquecido nos nossos planos de cidades; é esse um ponto fundamental, que necessita reforma profunda nos nossos hábitos. Consiste o problema em estabelecer o justo equilíbrio entre três elementos: o reservatório em que o organismo humano haure diretamente o ar e luz de que precisa - o aposento; o canal por onde esses dois agentes penetram na massa do casario - a rua e a área; a comporta de separação entre os dois, representada pela janela.”

Os códigos de 1967 e de 1991 simplesmente copiaram alguns dos índices técnicos utilizados em cidades brasileiras. Mais uma vez a proposta de revisão se baseou em uma coletânea de legislações do país, para se determinar, por simples comparação e amostragem, quais os “melhores” valores a serem adotados. Fica, pois, a dúvida maior se também os demais códigos já não tenham sido redigidos utilizando-se do mesmo ciclo vicioso e, mesmo em caso contrário, se estes realmente seriam os mais adequados à situação climática e às tipologias dos edifícios do Distrito Federal. Vários conselhos certamente foram esquecidos para que isto ainda aconteça nos dias de hoje. Freire (1914), por exemplo, já dizia:

“Para que o administrador cômico da sua missão a aplique com êxito tornava-se mister atentar acuradamente nas condições locais e examinar as suas numerosas e variadas repercussões, e que este deve evitar o processo, até então seguido, de copiar servilmente modelos perfeitos, embora, mais arquitetados para condições diferentes das nossas.”

⁸ Os aspectos relativos ao conforto térmico muitas vezes são mais relevantes que os relativos à iluminação natural. Mas, infelizmente, estes aspectos não aparecem como índices técnicos do CEDF. A única consideração trata dos vãos de aeração, os quais estão relacionados aos vãos de iluminação.

2. O ESTUDO DOS ÍNDICES TÉCNICOS

Dados estes antecedentes, analisamos os índices técnicos do Código de Edificações do Distrito Federal - CEDF que influenciam na disponibilidade de luz natural nos ambientes edificados, com o objetivo de, primeiramente, verificar o desempenho destes índices técnicos em ambientes edificados quanto à iluminância natural resultante, e, posteriormente, apontar quais são os valores mais indicados para serem utilizados como referência em projetos de arquitetura e urbanismo no Distrito Federal. Isso não significa dizer que serão valores novos, e sim, que os valores encontrados estarão de acordo com as situações urbanas e com os parâmetros climáticos encontrados no Distrito Federal.

Estes índices foram analisados tanto no contexto do edifício quanto no urbano, uma vez que a iluminância natural resultante nos ambientes edificados sofre influências diretas das obstruções externas, sejam estas da própria edificação ou de edificações vizinhas. O CEDF aborda três aspectos relacionados ao edifício e um ao urbano que certamente afetam a iluminância dos ambientes, que são: a) dimensionamento dos *vãos de iluminação*⁹; b) dimensionamento das saliências ou reentrâncias das edificações, os chamados *cachimbos*¹⁰; c) dimensionamento dos *prismas de iluminação*¹¹; d) dimensão dos *afastamentos mínimos*¹² entre fachadas internas e externas de uma mesma edificação e entre edificações isoladas dentro de um mesmo lote. Existem, também, os afastamentos mínimos entre edificações em lotes distintos, sendo que estes são resoluções constantes nos Planos Diretores Locais de cada cidade do Distrito Federal, mas que nem por isso poderiam estar fora desta discussão. Desta forma as possíveis e prováveis influências de edificações e obstruções externas na disponibilidade de luz natural dos ambientes construídos em áreas urbanas foram consideradas e avaliadas. Algumas características das edificações do Distrito Federal fizeram parte dos estudos, como número de pavimentos, pés-direitos, materiais de revestimento e afastamentos entre edificações distintas e entre paredes confrontantes da mesma edificação.

No CEDF, podemos afirmar que apenas ambientes com características semelhantes às encontradas numa residência têm exigências quanto a disponibilidade de luz natural, como dormitórios, cozinhas, áreas de serviço e salas. Edificações com características comerciais, por

⁹ Vãos de iluminação: aberturas em um ambiente voltadas para o exterior para iluminar.

¹⁰ Cachimbos: saliências ou reentrâncias onde está localizado o vão de iluminação e ventilação de um compartimento

¹¹ Prisma de aeração e iluminação: espaço livre, dentro de uma edificação, utilizado para aerar e iluminar os compartimentos que com ele se comuniquem. Citado no Capítulo II, *da Conceituação*, do Código de Edificações do Distrito Federal, “proposta” (1996). Governo do Distrito Federal / IPDF / SUCAR.

¹² Afastamentos mínimos e afastamentos obrigatórios: faixa entre os limites do lote e a área passível de ocupação pela edificação, definida na legislação de uso e ocupação do solo. Citado no Capítulo II, *da Conceituação*, do Código de Edificações do Distrito Federal, “proposta” (1996). Governo do Distrito Federal / IPDF / SUCAR.

exemplo, podem ser iluminadas e ventiladas naturalmente e/ou por meios artificiais: lojas em shopping centers, segundo o CEDF, não necessitam de iluminação e ventilação naturais, podendo obtê-las por meios mecânicos; salas comerciais devem ter aberturas para iluminar e ventilar voltadas para o exterior, sendo que a iluminância necessária às atividades a serem desenvolvidas no ambiente pode ser complementada por meios artificiais. Por este motivo foram estudados apenas os ambientes residenciais neste trabalho, com a inclusão dos banheiros, aos quais a iluminação natural não é exigida pelo CEDF. O estudo destes ambientes não impede que os resultados encontrados não possam ser utilizados para outros espaços não residenciais onde as tarefas realizadas requeiram valores de iluminância semelhantes aos utilizados neste estudo, com o objetivo de minimizar a utilização da iluminação artificial, conseguindo, desta forma, uma economia de energia elétrica.

Algumas das características citadas anteriormente são reflexo das orientações presentes já no plano inicial da cidade. Brasília foi totalmente planejada, mas mesmo assim alguns planos transformados em normas simplesmente serviram de condicionante para as edificações e para a vida urbana, sem a obtenção dos resultados desejados.

Buscando contribuir para a superação de algumas das distorções verificadas, a investigação realizada nesta dissertação desenvolveu estudos e pesquisas em área que trata da disponibilidade de luz natural nas edificações a fim de que as regulamentações que orientam o uso do solo e as construções do Distrito Federal sejam, com certeza, uma ferramenta prática e correta para assegurar o mínimo de conforto e bem-estar para a população que aqui vive. Chegamos a números e valores que certamente servirão de referência para os índices técnicos da Regulamentação do novo Código de Edificações do Distrito Federal, valores apropriados à realidade do Distrito Federal, que estão estimados e dimensionados para a situação climática predominante em Brasília.

3. DESENVOLVIMENTO DA ANÁLISE PROPOSTA

Iniciamos os trabalhos com a caracterização dos ambientes residenciais a serem estudados, os quais sofrem influências dos quatro aspectos acima referidos - vãos de iluminação, cachimbos, prismas de iluminação e afastamentos. Desenvolvemos, para cada ambiente a ser estudado, padrões onde selecionamos características físicas e materiais de organizações espaciais que aparecem com mais frequência no Distrito Federal, seguindo as dimensões e áreas mínimas definidas e exigidas pelo CEDF e os revestimentos e materiais de construção mais utilizados nas

residências do Distrito Federal, com seus valores de reflectância¹³ e transmitância¹⁴. Estes padrões serviram de parâmetro para os cálculos da iluminância natural desenvolvidos ao longo do trabalho.

Cada ambiente com seu padrão definido foi avaliado de diferentes formas. Diversas configurações, tanto do edifício quanto do espaço urbano foram consideradas: os diversos tipos de fachadas permitidas pelo código (lisa, com cachimbos ou com prismas), as várias possibilidades de afastamentos entre edificações e os diferentes números de pavimentos permitidos para as edificações residenciais do Distrito Federal.

Um outro parâmetro incluído nos cálculos foi o valor da *luminância da abóbada celeste*¹⁵. Um dos poucos dados disponíveis sobre a abóbada do Distrito Federal, assim mesmo sem muitos detalhes, encontra-se no estudo realizado por Funari (1984), o qual foi divulgado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT - no livro *Implantação de Conjuntos Habitacionais - Recomendações para adequação climática e acústica*. Nesta publicação encontramos uma tabela nos anexos, produzida por Funari, que informa os valores de aclaramento em plano horizontal para diversas cidades do país, só que sem informações sobre qual período do ano estes equivalem ou para que condições climáticas. Simplesmente foram calculados os valores de radiação média global. São valores obtidos através de fórmulas matemáticas, as quais se basearam apenas nas diferentes latitudes, sul ou norte, e nos ângulos de inclinação do sol, desprezando características climáticas e locais, como o tipo de clima, seco ou úmido, ou o nível de poluição.

Dados teóricos foram obtidos, e alguns destes foram transpostos para diagramas ou gráficos, como o desenvolvido por Dresler (ver Soterias, 1985), onde é possível obter níveis mínimos de luminância externa para determinados períodos no dia, e a porcentagem de horas dos dias ao longo do ano em que este nível é igualado ou ultrapassado. Nos estudos, trabalhamos sempre com as condições mínimas de aclaramento da abóbada celeste do Distrito Federal, procurando garantir, desta forma, os valores mínimos de iluminância natural para os ambientes construídos para todos os períodos do ano. Para o Distrito Federal não foram desenvolvidos ou divulgados, até o momento, estudos aprofundados com medições para caracterizar a abóbada celeste e definir os dias típicos do ano e seus valores de aclaramento do céu. Por este fato, utilizamos os valores do Gráfico de Dresler que estimam um nível de luminância exterior em 100% (cem por cento) das horas do dia durante todo ano no período de 8:00 as 16:00. A

¹³ Reflectância: é a relação entre o fluxo luminoso refletido por uma superfície e o fluxo luminoso incidente sobre ela. Citado em MOREIRA (1987:20).

¹⁴ Transmitância: é a relação entre o fluxo luminoso transmitido por uma superfície e o fluxo luminoso que incide sobre ela. Citado em MOREIRA (1987:21).

utilização deste valor estima que o nível de iluminação mínimo resultante nos ambientes estudados será alcançado ou excedido em quase todo o período do dia em todo o ano.

Para a escolha do método de cálculo da iluminância natural utilizado no estudo foram necessários alguns cálculos iniciais para se escolher o método que mais se adaptasse ao objetivo do trabalho. Ficamos divididos inicialmente entre a escolha de um método de cálculo manual ou de algum software. Ao começar algum trabalho com um software de cálculo de iluminância natural, cálculo este que sempre requer diversas rotinas matemáticas, fórmulas e coeficientes, deve-se levar em conta se haverá a possibilidade de acesso e de alteração dos parâmetros utilizados para o desenvolvimento do programa. Não é muito comum que os softwares venham com estas possibilidades, os programas já vêm com suas fórmulas e coeficientes definidos e, normalmente, trabalhando em ambiente secundário, sem que o usuário tenha acesso aos mesmos. Isto nos levou a optar pela utilização de um método manual, com o qual pudéssemos dominar todos os parâmetros e ter a certeza de quais dados estaríamos utilizando.

Atualmente, com as facilidades introduzidas pelos computadores, foi mais recomendado, ao utilizar um método manual para o cálculo da iluminância natural, desenvolver algum sistema que economizasse tempo dispensando a execução de longos cálculos, que reduzisse as probabilidades de erros, e que possibilitasse alterações nos parâmetros para se chegar a resultados desejados ou satisfatórios mais rapidamente. Uma vez que os cálculos de iluminância natural seguem uma rotina com várias fórmulas em seqüência, desenvolvemos uma planilha de cálculo para facilitar e agilizar os estudos, com a qual controlamos todos os parâmetros e fórmulas do método utilizado e, ao mesmo tempo, obtínhamos uma rápida visualização da situação dos índices técnicos estudados.

Alguns métodos de cálculo da disponibilidade de luz natural dentro de um ambiente construído foram desenvolvidos considerando apenas a luminância proveniente da abóbada celeste. A iluminação vinda diretamente dos raios solares é considerada como um acréscimo dado ao valor encontrado ao se considerar apenas a luz difusa do céu. Segundo Romero (1993):

“O céu, devido aos fenômenos de difusão atmosférica da luz solar, tem sua própria luminância ¹⁶, atuando como uma fonte secundária”.

A iluminância natural resultante em um ambiente construído pode, segundo Hopkinson (1975):

“...expressar-se ou em termos absolutos como um valor da iluminação em lúmens por metro quadrado, ou como uma percentagem da iluminação total da luz natural, obtendo-se esta a partir do céu inteiramente limpo, isto é, como um *Fator de Luz Diurna*”.

¹⁵ Luminância celeste, a iluminação livre horizontal recebida na terra desde o céu, excluída a luz solar direta.

Os estudos da iluminância natural em um determinado ponto de um ambiente construído separam a luz natural que chega até este ponto em três componentes: a componente celeste (CC), que provém da radiação do céu, visível diretamente desde o ponto considerado (luz difusa direta); a componente refletida externa (CR), proveniente da luz celeste que alcança o ponto depois de reflexões externas (luz difusa refletida externa); e a componente refletida interna (CI), resultante da luz celeste sobre as superfícies do ambiente, que alcança o ponto depois de reflexões internas da luz proveniente do exterior. O Fator de Luz Diurna (FLD) de um determinado ponto dentro de um recinto seria o somatório destas três componentes celestes.

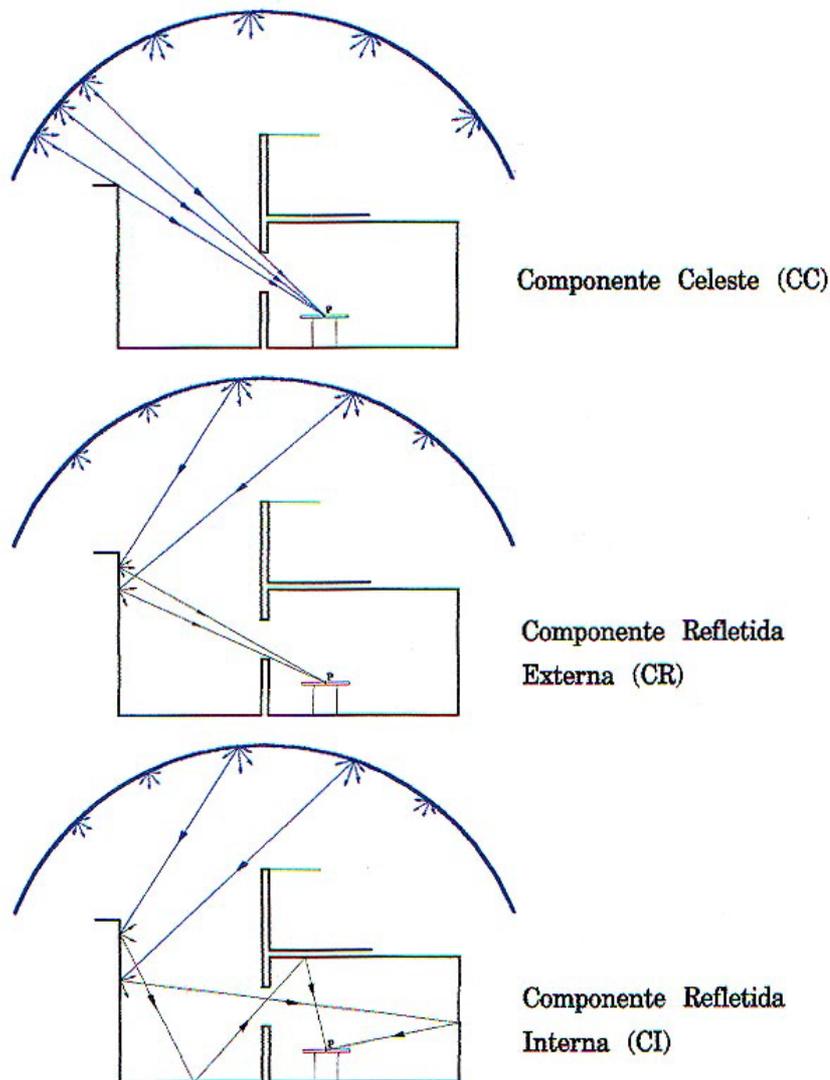


Figura 01: Esquema com as componentes CC, CR e CI que chegam em um ponto localizado no interior de um ambiente construído. Adaptado de Soterias (1985).

¹⁶ Segundo MOREIRA (1987:19), luminância é o limite da relação entre intensidade luminosa com a qual irradia, em uma direção determinada, uma superfície elementar contendo um ponto dado e a área aparente dessa superfície para uma direção considerada, quando essa área tende para zero.

A utilização das três componentes no cálculo da iluminância natural vai ao encontro da idéia de considerar os ambientes a serem estudados não somente como parte de uma edificação, mas como parte de um meio urbano. A necessidade de verificação dos índices técnicos do CEDF referentes a afastamentos mínimos entre fachadas nos levou a ter que optar por um método gráfico de cálculo da iluminância natural em que fosse possível a fácil introdução de parâmetros sobre obstruções externas e suas reflexões (CR) nos dados do espaço, ou seja, um método que se aproximasse da linguagem arquitetônica e que possibilitasse a superposição da visão aparente do entorno e de alguma representação da luminância da abóbada celeste, ambas representadas de maneira semelhante.

Existem alguns métodos gráficos com estas características, como, por exemplo, os desenvolvidos por Soteras (1985), Pilkington (1969), Waldran (1950) e Pleijel (1947). Optamos pelo método de *Pontos Equiluminosos*, desenvolvido por Rafael Mur Soteras em tese de doutorado da ETSAB/Barcelona, em 1985, por se tratar de um método bem resolvido, simples e de fácil utilização. Soteras (1985) cita em seu trabalho de tese as análises que fez com alguns dos métodos citados anteriormente, e critica a extrema complexidade de alguns e a excessiva simplicidade de outros. No seu trabalho, ele desenvolveu vários diagramas que representam a abóbada celeste para o cálculo da iluminância natural em diversos planos de trabalho, do horizontal ao inclinado a 90°, considerando o céu uniforme, ou seja, o mesmo valor de luminância para toda a abóbada celeste.

Pleijel também trabalhou com o mesmo tipo de representação, sendo que o diagrama produzido por ele não se assemelha, segundo Soteras, ao céu uniforme. Pleijel representou o céu com mil pontos, só que de forma não muito clara e sem seguir um padrão “uniforme”. Soteras dividiu um círculo, que representava a projeção da abóbada celeste em um plano bi-dimencional, em mil partes com áreas iguais. Depois projetou este círculo em uma perspectiva esférica, obtendo a representação da abóbada celeste dividida em mil partes com mesma área, ou a representação do céu com luminância uniforme. Colocando um ponto dentro de cada uma das mil áreas obteve a representação de pontos equiluminosos do céu uniforme.

A Comissão de Estudo de Iluminação Natural de Edificações do *Projeto Normalização em Conforto Ambiental* da UFSC não considera a condição de céu uniforme. Por este fato procedemos comparação entre o Diagrama para céu uniforme de Soteras e o Diagrama de Contribuição Relativa da Luz para céu encoberto desenvolvido pela Comissão. Constatamos pequenas diferenças entre os dois diagramas, sendo a luminância próxima ao horizonte um pouco maior no Diagrama de Soteras. Esta constatação nos fez prosseguir com a utilização do Diagrama de Soteras, considerando apenas o método gráfico e não o tipo de céu definido por ele.

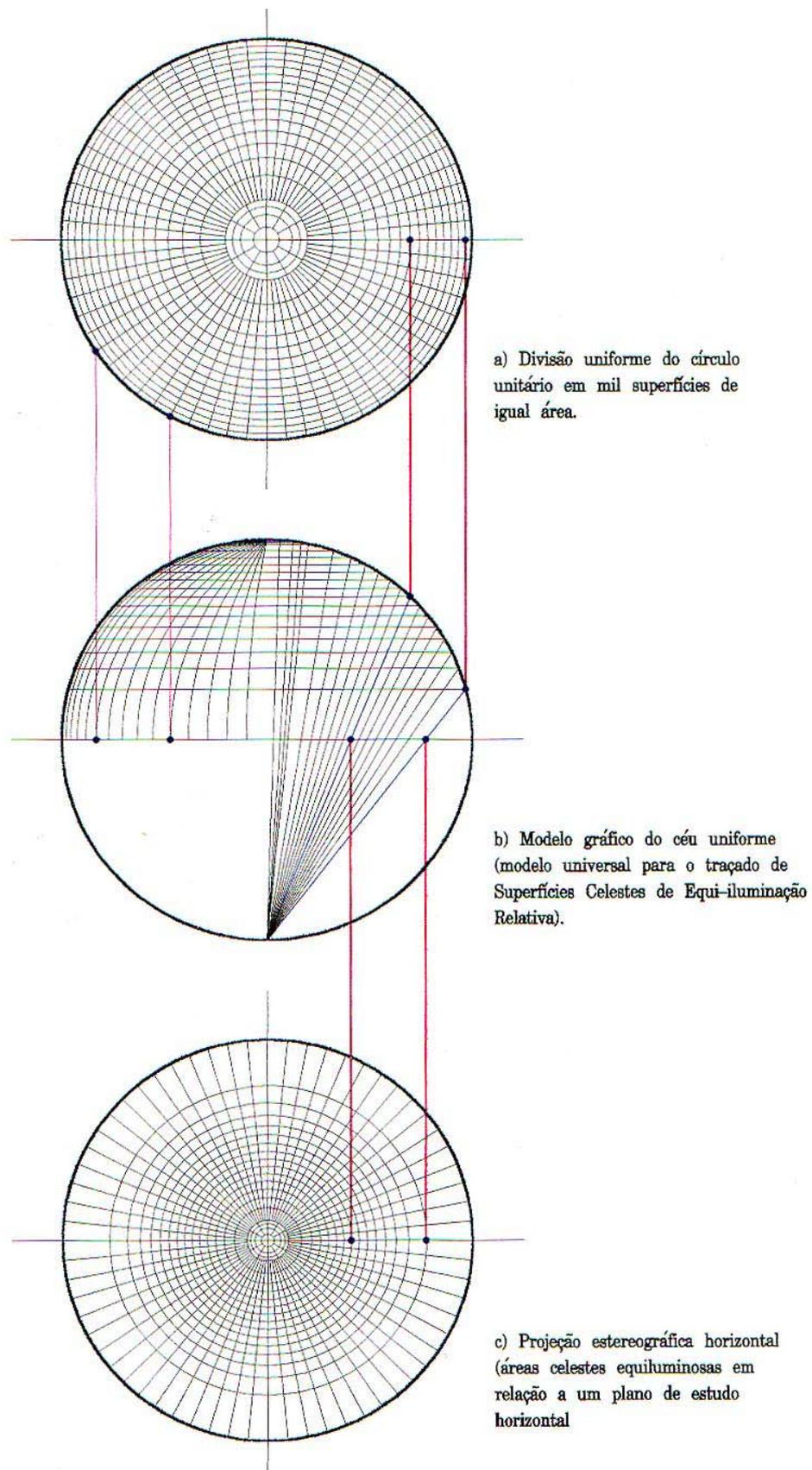


Figura 02: Construção do diagrama de pontos equiluminosos. Adaptado de Soterias (1985).

Os métodos gráficos analisados foram desenvolvidos pelo autor antes citado, Soteris (1985), para o cálculo dos valores das componentes celeste (CC) e refletida externa (CR) do Fator de Luz Diurna. Através da sobreposição de uma representação estereográfica ou perspectiva esférica de um ambiente sobre um dos diagramas obtém-se o número de pontos visíveis e obstruídos da representação da abóbada celeste. Com estes pontos e através de fórmulas bem simples calcula-se o valor das duas componentes. Para o cálculo da CI, diversos estudos desenvolvidos no Brasil, como o de Chichierchio (1983), utilizam as fórmulas desenvolvidas pelo *Building Research Station (BRS)* para a iluminação proveniente de vão lateral e/ou zenital num ambiente. Utilizamos nos nossos estudos as mesmas fórmulas.

Como já mencionado, as regulamentações constantes no CEDF que tratam da disponibilidade de luz natural para os ambientes construídos em edifícios residenciais estão baseadas em índices técnicos que deveriam estar relacionados aos quatro tipos de parâmetros ou exigências que afetam a iluminância natural resultante nos ambientes - vãos de iluminação, cachimbos, prismas de iluminação e afastamentos mínimos. Após a análise de cada um destes índices técnicos relacionando-os com as inúmeras possibilidades de formas de fachadas permitidas (lisas, com reentrâncias ou com prismas), bem como, com as diferentes dimensões de afastamentos entre edificações, apontamos se os mesmos oferecem condições aos arquitetos, engenheiros e construtores de projetarem e construírem edificações residenciais com ambientes que ofereçam uma iluminância natural adequada às suas atividades, confrontando os valores encontrados com os padrões mínimos estabelecidos pela Norma Brasileira NB-57 (maio/1997), registrada no INMETRO como NBR 5413. Com isso foi possível chegar a uma conclusão da real situação dos mesmos, e saber se estes necessitam ou não de alguma alteração.

Após a verificação dos índices técnicos do novo CEDF, e sendo constatada a necessidade de algumas alterações, passamos para proposições e verificações de novos índices que estimassem uma iluminância natural adequada às atividades em ambientes residenciais. As conclusões foram feitas mostrando o desempenho dos índices técnicos relativos aos quatro aspectos¹⁷ constantes no CEDF que influenciam na iluminância natural resultante com as respectivas propostas de alterações devidamente verificadas. Assim, acreditamos que no futuro poderemos contar, para execução de projetos de arquitetura, urbanismo e de uso do solo, com o apoio de uma legislação correta e realmente desenvolvida, no que diz respeito aos valores de iluminância natural, para as condições da nossa região.

4. CARACTERIZAÇÃO DOS AMBIENTES

¹⁷ Vãos de iluminação, cachimbos, prismas e afastamentos mínimos.

Com a idéia de que a verificação dos índices técnicos do CEDF sendo realizada com as piores situações possíveis seria uma garantia de que nos outros casos a iluminância natural mínima resultante estaria assegurada, e como o objetivo do trabalho é a garantia de iluminação natural mínima para todos os ambientes residenciais, trabalhamos com as dimensões mínimas¹⁸ para os compartimentos contidas na “Tabela VI - Unidades Domiciliares” do novo Código de Edificações do Distrito Federal - CEDF, e escolhemos os “piores” esquemas para os compartimentos com relação a iluminância natural média resultante, ou seja, os ambientes serão retangulares com a dimensão mínima exigida na parede menor e a área mínima respeitada, e a posição dos vãos de iluminação será sempre a das paredes menores dos ambientes.

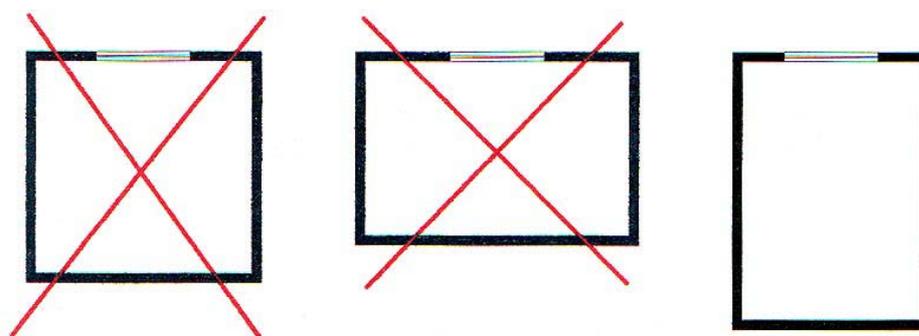


Figura 03: Esquemas dos ambientes com mesma área e definição do pior caso quanto a iluminação natural resultante.

Além destes fatores, consideramos sempre o ambiente posicionado no andar mais próximo do térreo, uma vez que este é o que mais sofre com as obstruções externas, e ao mesmo tempo consideramos o pé-direito com 2.85 metros, para que casos em que utilização de lajes mistas ou lisas, as quais normalmente são mais espessas que as comuns, ou mesmo, em casos em que o pé-direito seja estipulado acima do mínimo estabelecido pelo código, que é de 2.50 metros, possamos garantir a iluminação natural mínima, visto que edifícios mais altos provocam obstruções maiores.

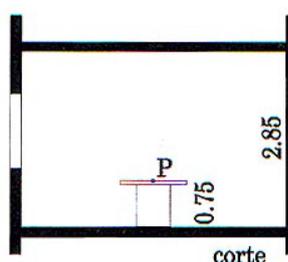


Figura 04: Corte com dimensões a serem utilizadas nos padrões e características dos ambientes estudados.

¹⁸ Constatou-se que a utilização das dimensões mínimas para os vãos de iluminação ocorre, na maioria dos casos, em edificações que também utilizam as dimensões mínimas para os compartimentos.

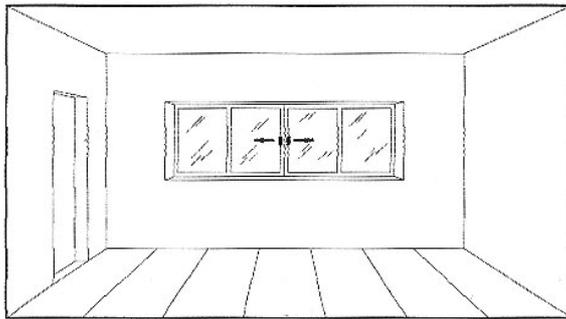
Para definir as características físicas dos ambientes foram levantados os diversos tipos de revestimentos utilizados com mais frequência nas edificações residenciais no Distrito Federal. Este levantamento teve como objeto os tipos de materiais mais utilizados e suas respectivas cores e texturas e a definição dos coeficientes de reflectância e transmitância dos mesmos.

As diversas características físicas e materiais dos ambientes que serviram de padrão para o nosso estudo estão relacionadas na tabela abaixo. Temos na horizontal os diversos compartimentos estudados e na vertical os padrões utilizados nos cálculos. Sendo os cinco primeiros os que tratam das dimensões e áreas mínimas definidos pelo CEDF, e os demais uma caracterização dos tipos de revestimentos mais encontrados nas edificações residenciais no Distrito Federal. Sendo estes separados em duas categorias: áreas secas (quartos e salas); e áreas molhadas (cozinha, área de serviço e banheiros).

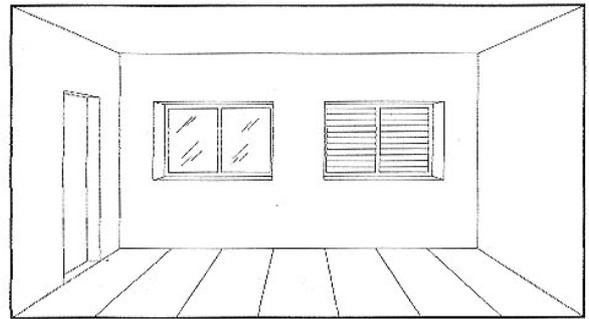
	COMPARTIMENTOS									
	Áreas secas					Áreas molhadas				
	Sala	Quarto 1	Quarto 2	Quarto 3	Quarto Empr.	Cozinha	Área de Serviço	Cozinha + Á.S.	WC Social	WC Empr.
Área mínima (m²)	12	10	9	8	6	6	4	10	3,50	1,60
Dimensão mín. (m)	2,85	2,40	2,40	2,40	1,80	1,80	1,50	1,80	1,60	1,00
Comprimento (m)	4,21	4,17	3,75	3,33	3,33	3,33	2,67	5,56	2,19	1,60
Pé-direito (m)	2,85	2,85	2,85	2,85	2,85	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Vão de aeração	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/20	1/17,4	1/20	1/20
Vão de iluminação	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/20	1/17,4	1/20	1/20
Revest. de piso	tábua corrida marrom claro, ou carpete cinza					cerâmica cinza ou bege				
Revest. de parede	tinta branca					cerâmica branca				
Revest. de teto	tinta branca					tinta branca				
Tipo de vidro	comum incolor					comum incolor				
Tipo de esquadria	alumínio ou ferro pintado da cor das paredes					alumínio ou ferro pintado da cor das paredes				

Os índices técnicos do CEDF que definem o tamanho dos vãos de iluminação e de aeração são estipulados através de uma relação entre a área do vão e a do piso do ambiente. O antigo COE/Brasília utilizava o dobro desta relação para estipular o mínimo de área do vão de iluminação, e, ao mesmo tempo, exigia que no mínimo 50% deste valor fosse para aeração.

Nesta nova edição do Código de Edificações os índices referentes à iluminação e aeração foram previamente divididos. Ou seja, ao invés de se trabalhar com uma proporção, e deste resultado especificar uma esquadria que permita que no mínimo 50% da área fosse para ventilação do ambiente sem diminuir a entrada da luz natural, o novo CEDF diminuiu em 50% a área mínima do vão de iluminação, passando, por exemplo, de 1/8 para 1/16, e incluiu uma nova área para o vão de aeração. Desta forma poderemos ter vãos distintos, o que não altera em nada o antigo vão de aeração, mas pode diminuir pela metade a entrada de luz natural no ambiente.



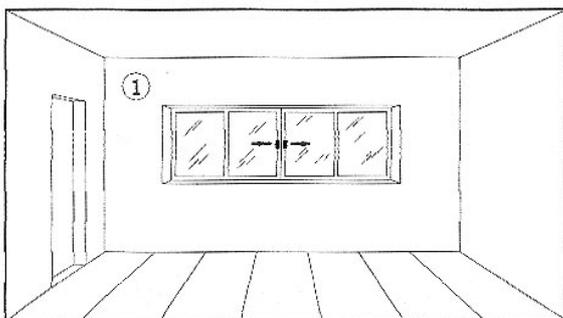
Exemplo de vão de iluminação com área igual a $1/8$ da área do piso, com previsão de abertura para aerar com 50% da sua área. Seguindo o COE/Brasília



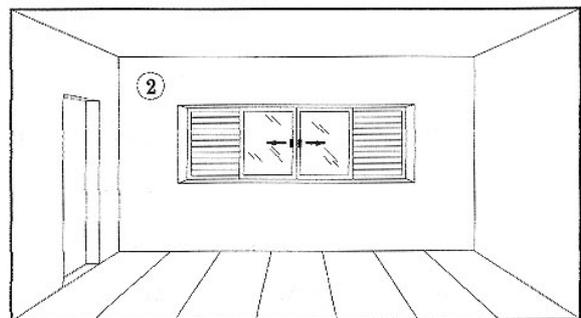
Exemplo de vão de iluminação com área igual a $1/16$ da área do piso e vão de aeração com a mesma relação. Seguindo o CEDF.

Figura 05: Esquemas de vãos de iluminação seguindo o COE/Brasília e o novo CEDF. Diminuição da área do vão de iluminação pela metade.

Este fato foi considerado no nosso estudo através da especificação da área que os caixilhos ocupam no vão de iluminação. Normalmente esta área gira em torno dos 10%. Para verificarmos a consequência desta separação dos índices fizemos dois estudos para todos os ambientes. Os dois consideraram a antiga forma de se calcular os vãos de iluminação, sendo que estipulamos dois tipos de esquadrias, uma com 10% de caixilhos e outra com 60%, ou seja, com o vão de aeração incorporado e este utilizando um material sem transmitância, só com aberturas para ventilação.



Esquadria detalhada com caixilhos ocupando cerca de 10% da área do vão de iluminação. A abertura para aerar não interfere na iluminação natural



Esquadria detalhada com venezianas para aerar. Caixilhos ocupando cerca de 60% da área do vão de iluminação. A abertura para aerar diminui pela metade a entrada da iluminação natural

Figura 06: Tipos de detalhamento das esquadrias considerados nos cálculos da iluminância natural.

- 1 - vão de aeração não interfere na iluminação natural resultante (caixilhos ocupando 10%);
- 2 - vão de aeração diminui pela metade a área do vão de iluminação (caixilhos ocupando 60%).

4.1 Definição dos tipos de obstruções externas

As obstruções externas que podem provocar alguma diminuição na disponibilidade de luz natural em um ambiente residencial podem ser provocadas por edificações vizinhas à edificação em que se encontra o ambiente em questão, ou mesmo pela própria edificação onde o compartimento se encontra. Um outro tipo de obstrução externa da luz natural acontece pela vegetação arbórea. A não utilização deste tipo de obstrução deveu-se a simplificação do processo de cálculo utilizado. Esta simplificação consciente ocorreu também ao se considerar as paredes das obstruções vizinhas com apenas um tipo de superfície, ou seja, não foram consideradas as áreas translúcidas.

Para definir os tipos de obstrução provocados por edificações vizinhas, buscamos as diversas alturas e números de pavimentos máximos permitidos para as edificações residenciais em todo o Distrito Federal. Chegamos a quatro padrões de edificações. Edifícios com 3 (três), 6 (seis), 10 (dez) e 15 (quinze) pavimentos. Estes últimos encontrados no Bairro Águas Claras de Taguatinga.

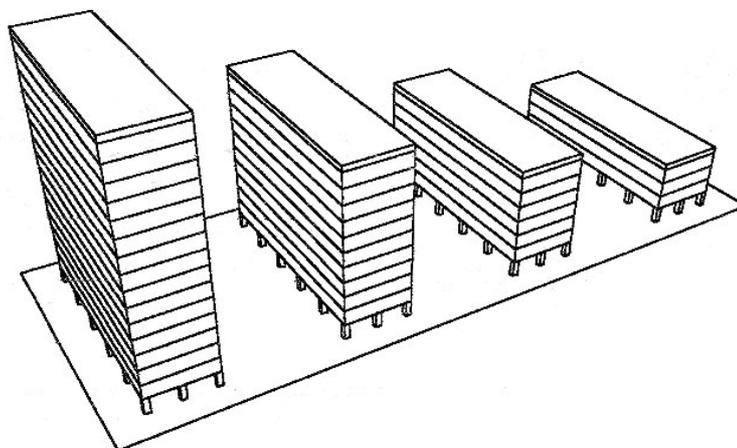


Figura 07: Padrões com os diferentes tamanhos das edificações (3, 6, 10 e 15 pavimentos).

As obstruções provocadas por estas edificações podem afetar a iluminância natural dos ambientes em diferentes níveis dependendo dos afastamentos entre as construções. Como citado anteriormente, os Planos Diretores Locais - PDLs, em execução pelo Instituto de Planejamento Territorial e Urbano do Distrito Federal - IPDF, vêm utilizando algumas fórmulas para dimensionar e definir os afastamentos entre as edificações das áreas urbanas. Os PDLs de Taguatinga, Ceilândia e Samambaia foram os primeiros a utilizar estas fórmulas. Na verdade as fórmulas são semelhantes, tendo como única diferença um coeficiente específico da localidade. As três cidades utilizaram coeficientes com valores diferentes. Nos cálculos utilizamos as três

possibilidades para definir se os afastamentos resultantes são suficientes, insuficientes, ou mesmo, exagerados para as condições do Distrito Federal. Sendo os afastamentos definidos pela fórmula utilizada pelo PDL de Taguatinga identificado neste estudo como *AF1*, pelo de Ceilândia como *AF2* e pelo de Samambaia como *AF3*.

As obstruções externas provocadas por elementos existentes na própria edificação onde se encontra o compartimento podem ser descritas através de três formas: os cachimbos, os prismas abertos e os prismas fechados. O CEDF estipula os tamanhos permitidos tanto para os prismas abertos quanto para os cachimbos através de uma relação mínima entre largura e profundidade, sendo a segunda no máximo o dobro da primeira, e a largura mínima de 1,50m para os prismas abertos. Quanto aos prismas fechados, as dimensões mínimas são calculadas segundo o Art. 77 Inciso I da Regulamentação do CEDF, que diz que os prismas fechados de aeração e iluminação devem permitir a inscrição de um círculo com raio mínimo correspondente a 20% (vinte por cento) da altura da edificação, com o mínimo de 1,50m.

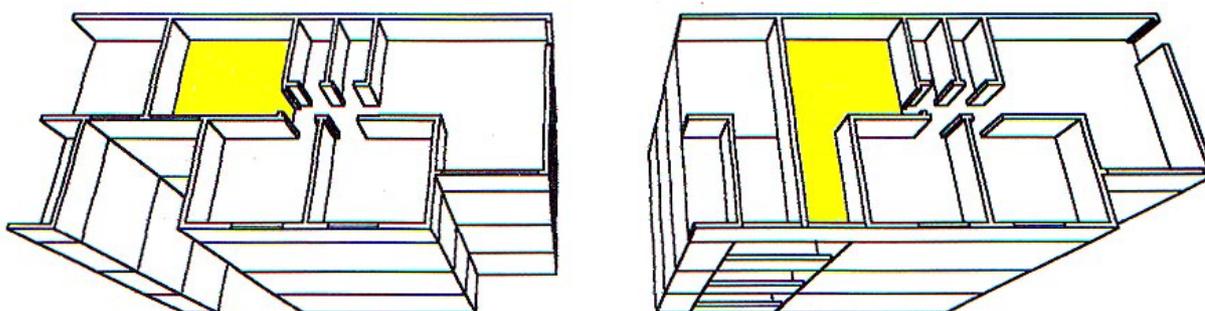


Figura 08: Tipos de obstruções externas provocadas pela própria edificação em que se encontra o ambiente. Prismas abertos e cachimbos.

Os prismas fechados não foram analisados neste trabalho, tendo em vista o que diz o § 2º do Art. 77 da mesma regulamentação, que cita: “Os compartimentos de permanência prolongada só podem ser aerados e iluminados por prismas de aeração e iluminação quando a edificação estiver em lotes com, no máximo, 10,00 m (dez metros) de testada”. Desta forma esta determinação não permite que a maioria das edificações com mais de três pavimentos em todo o Distrito Federal utilizem prismas para iluminar seus compartimentos de permanência prolongada.

A determinação constante no parágrafo citado acima também inclui os prismas abertos. Mesmo assim, para título de complementação do trabalho, consideramos quatro tipos de prismas abertos nos nossos cálculos, que são: *PA1* com 1,50m por 1,50m; *PA2* com 1,50m por 3,00m; *PA3* com 2,00m por 4,00m; e *PA4* com 2,50m por 5,00m.

Para os cachimbos utilizamos apenas um tamanho, definido por *CA*, com as mesmas dimensões que o *PA2*, ou seja, 1,50m de largura por 3,00m de profundidade, que segue a proporção máxima admitida pelo código. A nossa vivência em Brasília e observações realizadas nos deram a certeza de que a iluminância natural resultante em ambientes que utilizam os cachimbos com as dimensões mínimas previstas pelo código não atendem o mínimo recomendado. Por este motivo iremos procurar comprovar esta afirmação apenas com os cálculos deste tamanho de cachimbo - *CA*.

Um outro dado a ser considerado com respeito às obstruções externas trata dos tipos de revestimentos mais utilizados nas fachadas das edificações. Verificamos que a maioria das edificações residenciais no Distrito Federal utilizam tons de cinza claro, marrom claro e alguns tons “pastel”. Ao consultarmos as tabelas de reflectância, Hopkinson (1975; 272) e Carvalho (1970; 60), verificamos que estas cores correspondem ao valor médio de reflexão, ou seja, cerca de 50% (cinquenta por cento). Utilizamos este valor de referência para as obstruções externas nos nossos cálculos.

As situações de obstruções externas foram analisadas de duas maneiras. Na primeira, foram consideradas as situações com a própria edificação onde se encontra o compartimento, ou seja: sem obstruções, com *PA1*, com *PA2*, com *PA3*, com *PA4* e com *CA*. Em seqüência foram analisadas as situações com obstruções provocadas por edificações vizinhas e estas em conjunto com os prismas e cachimbo, ou seja: com *AF1*, com *AF1+PA1*, com *AF1+PA2* e assim por diante como mostra as figuras abaixo.

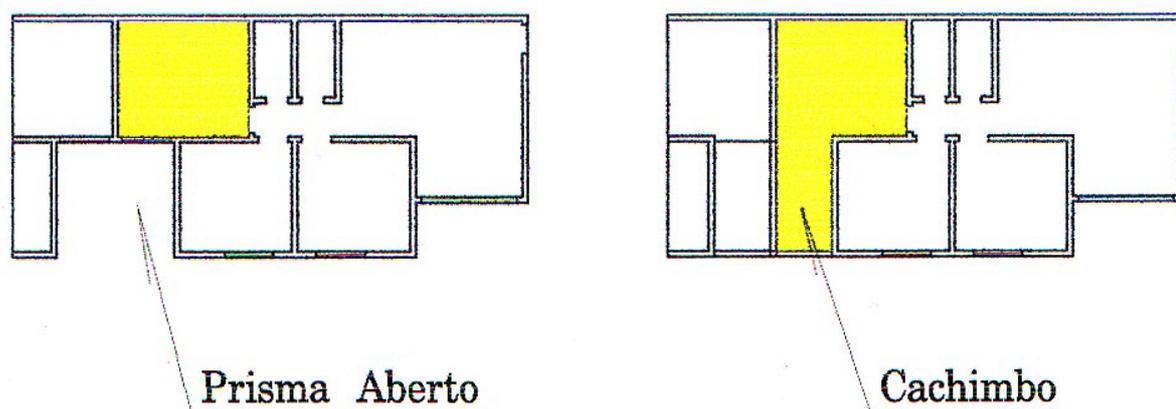


Figura 09: Situações de obstruções provocadas pela própria edificação onde se encontra o compartimento.

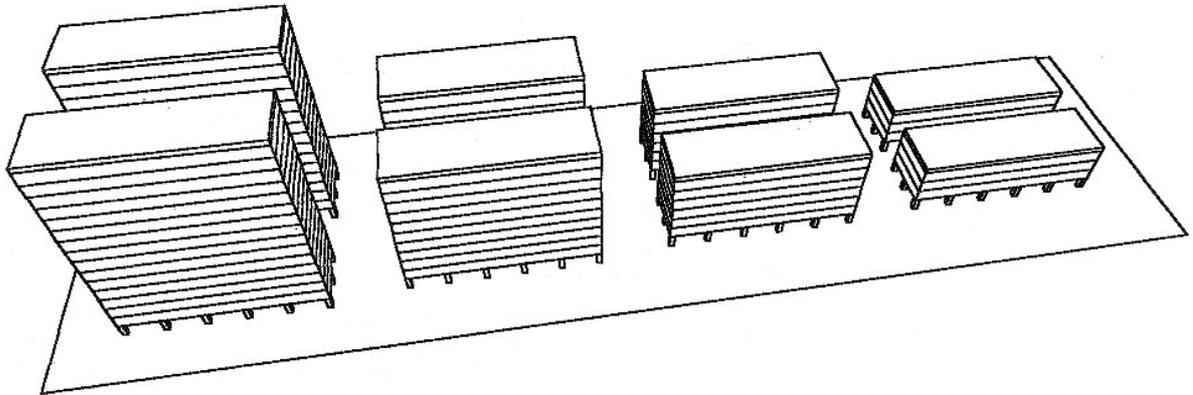


Figura 10: Situações de obstruções provocadas por edificações vizinhas.

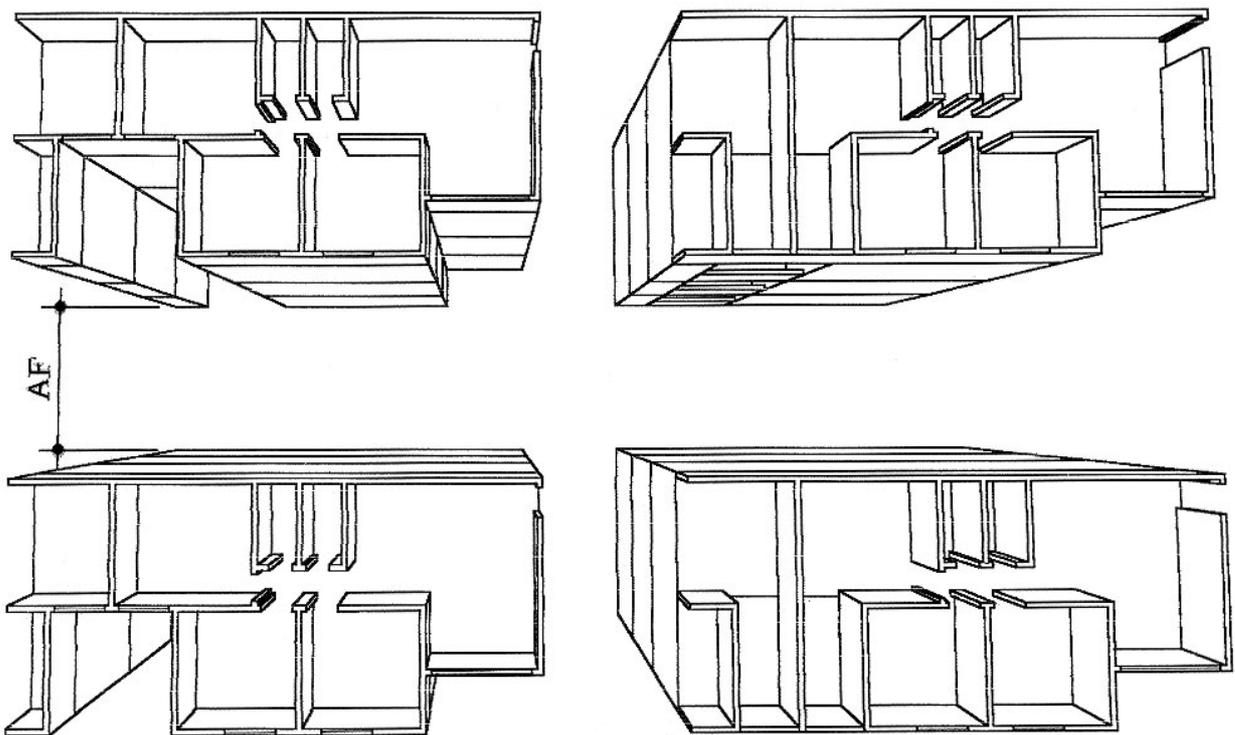


Figura 11: Situações de obstruções provocadas pela própria edificação onde se encontra o compartimento e por edificações vizinhas.

4.2 Definição dos pontos a serem observados nos ambientes

O método de cálculo utilizando os Diagramas de Pontos Equiluminosos, o Gráfico de Dresler e as Fórmulas da BRS é realizado de maneira pontual no ambiente para determinar a disponibilidade de luz natural em um determinado ponto localizado em um determinado plano de trabalho. De forma simples, podemos dizer que temos três valores de iluminância natural resultante em um ambiente construído que possui um único vão de iluminação posicionado em uma de suas paredes, ou seja: um máximo, um médio e um mínimo. Podemos considerar que o valor máximo estaria em um ponto próximo do vão de iluminação; o valor médio num ponto localizado no centro do ambiente; e o valor mínimo num ponto próximo da parede oposta a parede onde o vão de iluminação está posicionado.

O formato dos índices técnicos que tratam do tamanho dos vãos de iluminação para os diversos ambientes residenciais segue algumas proporções referentes às áreas de piso dos compartimentos. Para termos a certeza de que estas proporções são verdadeiras, ou seja, que a mesma proporção entre a área do vão de iluminação e a área do piso de ambientes com dimensões diferentes resulta num mesmo nível de iluminância geral, tomamos como referência dois pontos em cada ambiente. O primeiro, posicionado a **50cm (cinquenta centímetros) da parede onde está o vão de iluminação**, define o **valor de iluminância máximo** resultante dentro de cada ambiente; e o segundo, posicionado no **centro do ambiente**, define o nível médio, o qual consideramos como o **valor de iluminância geral** do compartimento para as conclusões finais.

Os pontos observados para a definição do valor da iluminância resultante máxima e geral dos compartimentos estão localizados em um plano de trabalho horizontal posicionado a 75cm (setenta e cinco centímetros) do nível do piso, o que representa, por exemplo, a altura de uma mesa de jantar ou de leitura.

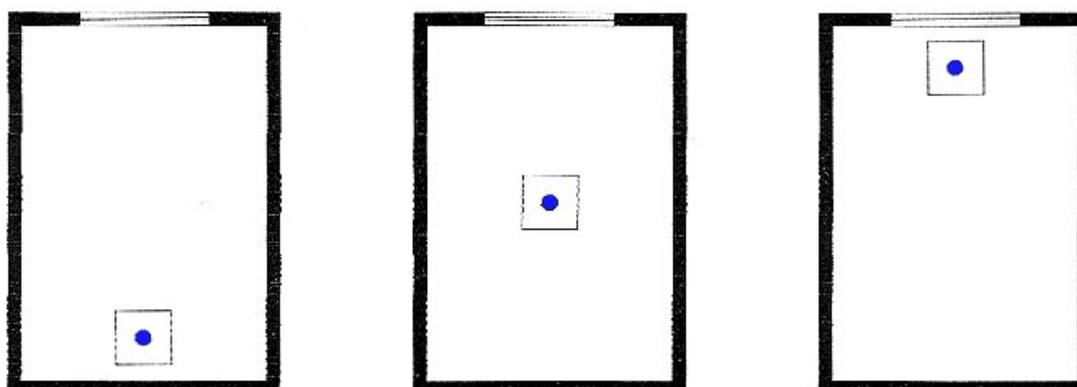
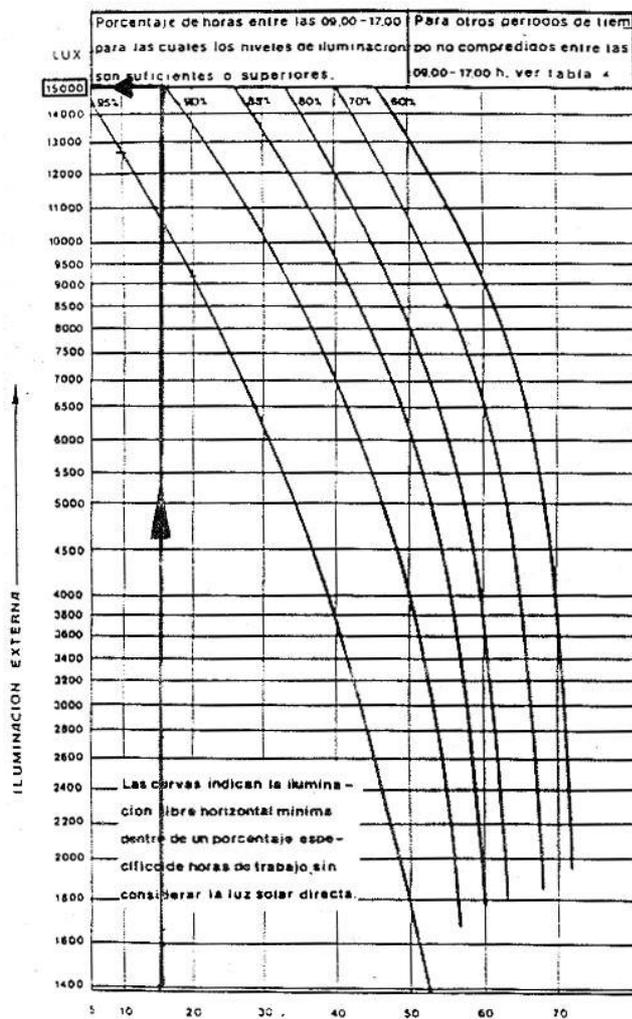


Figura 12: Pontos de iluminância natural resultante mínima, média e máxima em um ambiente construído.

4.3 Definição da luminância da abóbada celeste

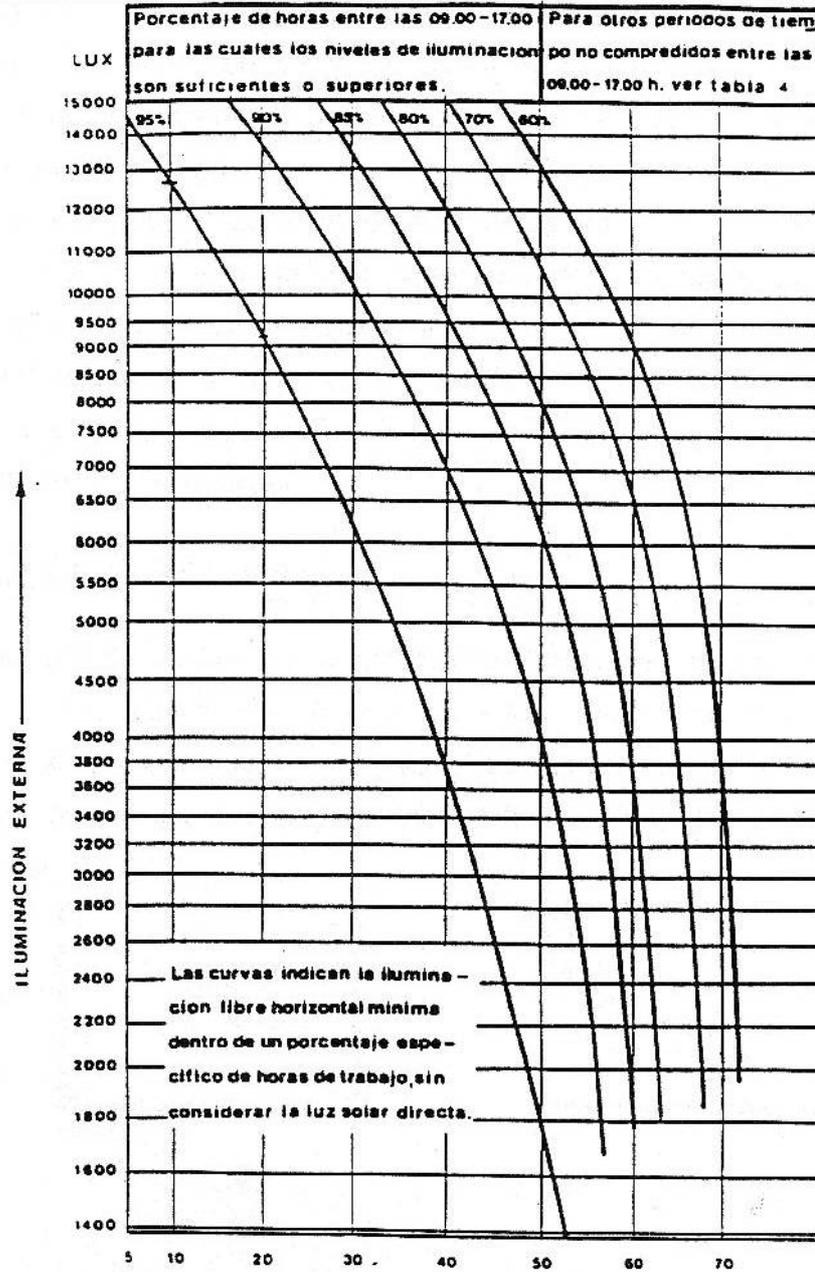
Como já mencionado, usamos o Gráfico de Dresler para estimar o valor da luminância da abóbada celeste do Distrito Federal. Utilizamos nos cálculos um valor igual a **15.000 (quinze mil) lux**, que é um valor de luminância garantido em 100% (cem por cento) das horas do dia durante todo o ano no período de 8:00 as 16:00 horas. Este dado foi obtido através da tabela de períodos alternativos, uma vez que o gráfico foi desenvolvido para o período de 9:00 as 17:00, como pode ser visto na parte superior do mesmo. Nesta tabela encontramos para o período de 8:00 as 16:00 horas a garantia de 100% ao utilizarmos a curva do gráfico equivalente a 90%.



Porcentagens a serem utilizadas quando as curvas se aplicam a períodos diferentes.

Curva do Gráfico	95%	90%	85%	80%	70%	60%
Período alternativo	Porcentagem do período alternativo					
07:00 - 15:00	95	90	85	80	70	60
08:00 - 16:00	100	100	95	85	70	60
07:00 - 17:00	95	85	75	65	55	45
06:00 - 18:00	75	70	65	60	50	40

Figura 13: Gráfico de Dresler com a indicação do valor de luminância utilizado nos estudos e tabela de horários alternativos com o período e curva do gráfico escolhidos, adaptado de Soteris (1985).



Porcentagens a serem utilizadas quando as curvas se aplicam a periodos diferentes.

Curva do Gráfico	95%	90%	85%	80%	70%	60%
Periodo alternativo	Porcentagem do periodo alternativo					
07:00 - 15:00	95	90	85	80	70	60
08:00 - 16:00	100	100	95	85	70	60
07:00 - 17:00	95	85	75	65	55	45
06:00 - 18:00	75	70	65	60	50	40

Figura 14: Gráfico de Dresler e tabela de horários alternativos, adaptado de Soteras (1985).

Ao utilizarmos este valor do Diagrama de Dresler que estima um valor de luminância exterior para 100% das horas do dia durante todo ano no período de 8:00 as 16:00 estaremos indo ao encontro da idéia de se garantir uma iluminância natural adequada nos ambientes residenciais na maior parte do dia, visto que este mesmo valor também representa uma garantia de luminância em 90% (noventa por cento) das horas do dia durante todo o ano no período de 9:00 as 17:00 horas (curvas do gráfico), ou mesmo, um valor de luminância da abóbada que é alcançado ou excedido em 85% (oitenta e cinco por cento) das horas do dia durante o ano no período de 7:00 as 17:00 horas (período alternativo, ver tabela). A iluminância mínima resultante nos compartimentos chegaria a valores menores do que o recomendado apenas em curtos períodos nos horários do início e final do dia.

5. MÁSCARAS DE SOMBRA

As máscaras de sombra são perspectivas esféricas dos ambientes em estudo. São como uma imagem de um cinema 360° representada em um plano reto. Com estas representações podemos sobrepor os Diagramas de Pontos Equiluminosos, que também são perspectivas esféricas, só que da abóbada celeste, para obter os dados iniciais para os cálculos da iluminância natural resultante, CC e CR.

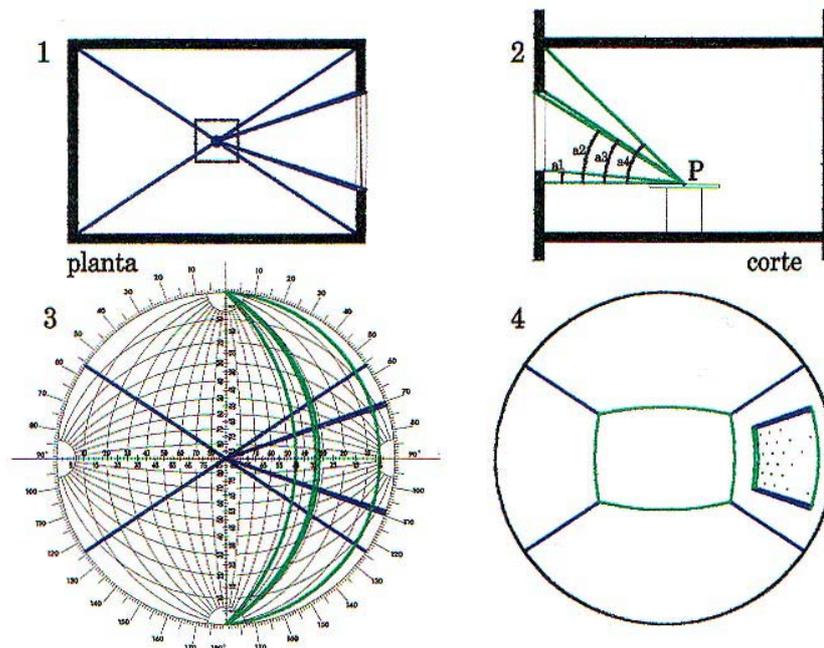


Figura 15: Máscaras de sombra com ponto no centro do ambiente.

- 1 - Planta baixa do ambiente e os ângulos de referência horizontais;
- 2 - Corte e os ângulos de referência verticais;
- 3 - Transferidor de ângulos horizontais e verticais com os ângulos obtidos na planta baixa e corte;
- 4 - Máscara de sombra com a sobreposição do diagrama de pontos equiluminosos aparecendo na representação do vão de iluminação.

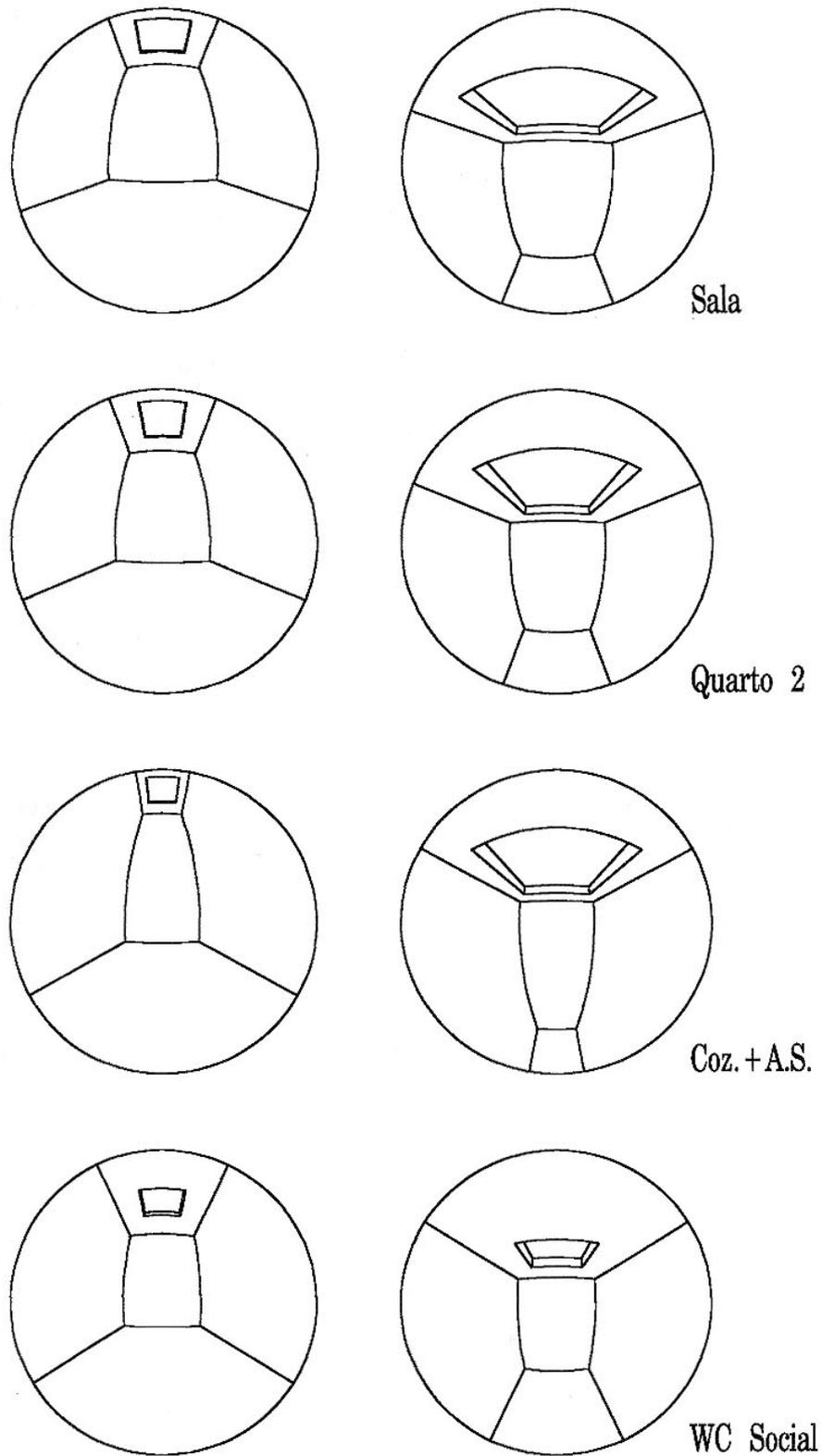


Figura 16: Máscaras de sombra, com sobreposição do Diagrama de Pontos Equiluminosos, de alguns dos ambientes estudados - sala, quarto2, cozinha + área de serviço e WC Social. A esquerda ponto observado a 50cm da parede oposta ao vão de iluminação. A direita ponto observado a 50cm da parede onde se encontra o vão de iluminação. Para o mesmo ambiente, quanto maior o número de pontos maior o valor de CC ou CR.

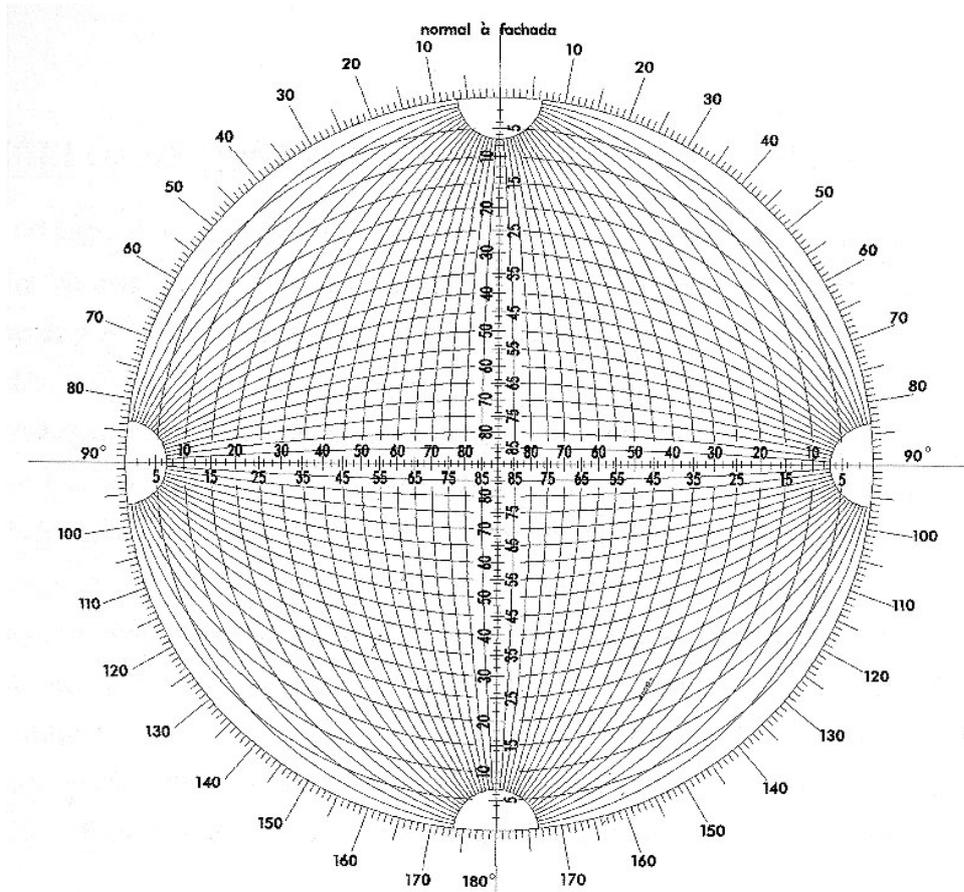


Figura 17: Transferidor de ângulos horizontais e verticais para a construção de máscaras de sombra.

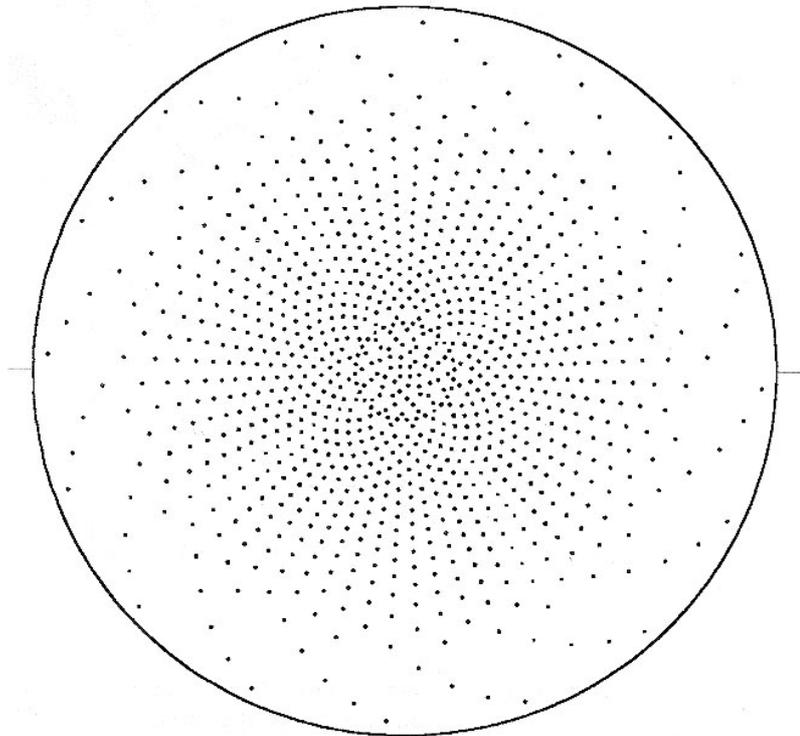


Figura 18: Diagrama de pontos eqüiluminosos para um plano de trabalho na posição horizontal.

6. ÂNGULOS DE OBSTRUÇÃO e REFLEXÕES EXTERNAS

Os ângulos de obstrução externos são os ângulos formados pelas obstruções externas com os pontos observados em relação à horizontal. Através destes ângulos podemos introduzir nas máscaras de sombra a representação das obstruções externas.

Um outro dado obtido diz respeito à Componente Refletida Externa (CR), ou seja, às reflexões externas que a luz da abóbada celeste sofre até chegar ao ponto observado dentro do ambiente. Quanto maior o número de reflexões externas, menor será a iluminância resultante.

Nos cálculos consideramos a variação no número de reflexões externas de 0 (zero) a 10 (dez). Ou seja, um ângulo em que não existe obstrução da abóbada celeste desde o ponto observado, até um ângulo em que a luz da abóbada celeste reflete dez vezes em obstruções externas antes de chegar ao ponto observado. Escolhemos um máximo de dez reflexões externas para se medir pelo fato de que após estas reflexões em paredes externas que têm um coeficiente de reflexão igual a 50%, as reduções na iluminação que chega no ponto observado passam dos 99%. Acima disto as diferenças nas reduções da iluminância seriam quase imperceptíveis.

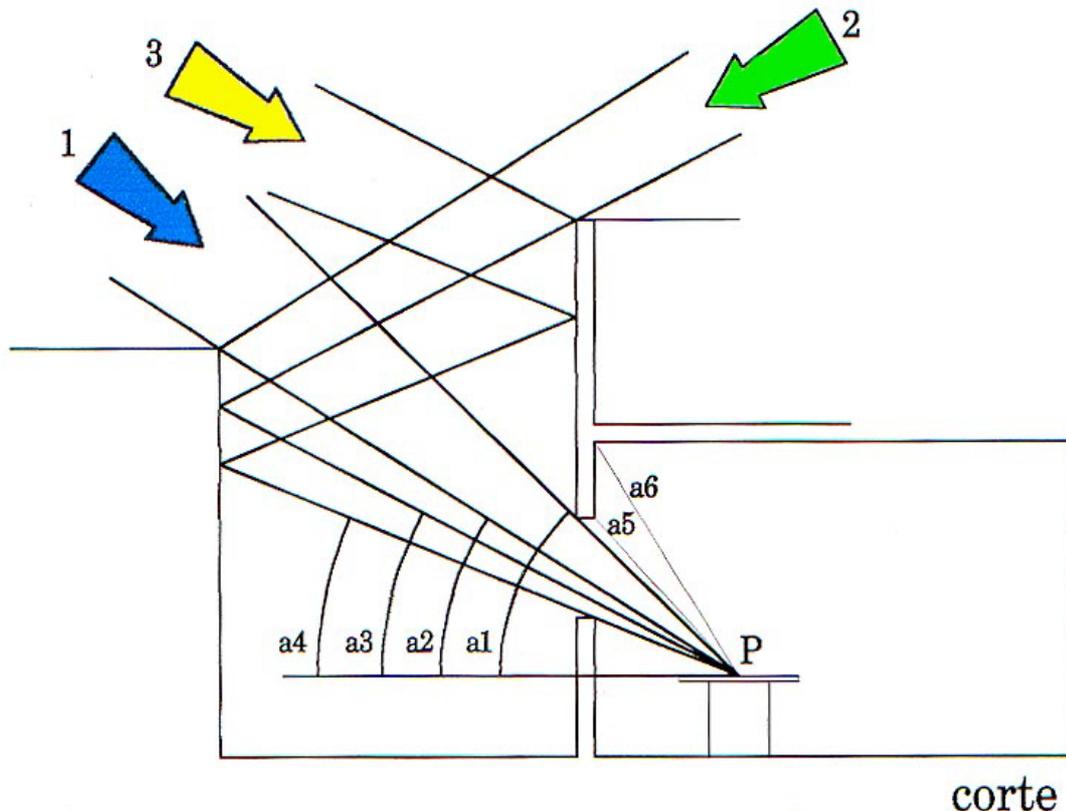


Figura 19: Reflexões externas múltiplas da luminância proveniente da abóbada celeste antes de chegar a um ponto observado (P) dentro de um ambiente construído.

- 1 - Ângulo em que não ocorre obstrução da abóbada celeste: $a_1 - a_2$;
- 2 - Ângulo em que a luz proveniente da abóbada sofre uma reflexão antes de chegar em P: $a_2 - a_3$;
- 3 - Ângulo em que a luz proveniente da abóbada sofre duas reflexões antes de chegar em P: $a_3 - a_4$.

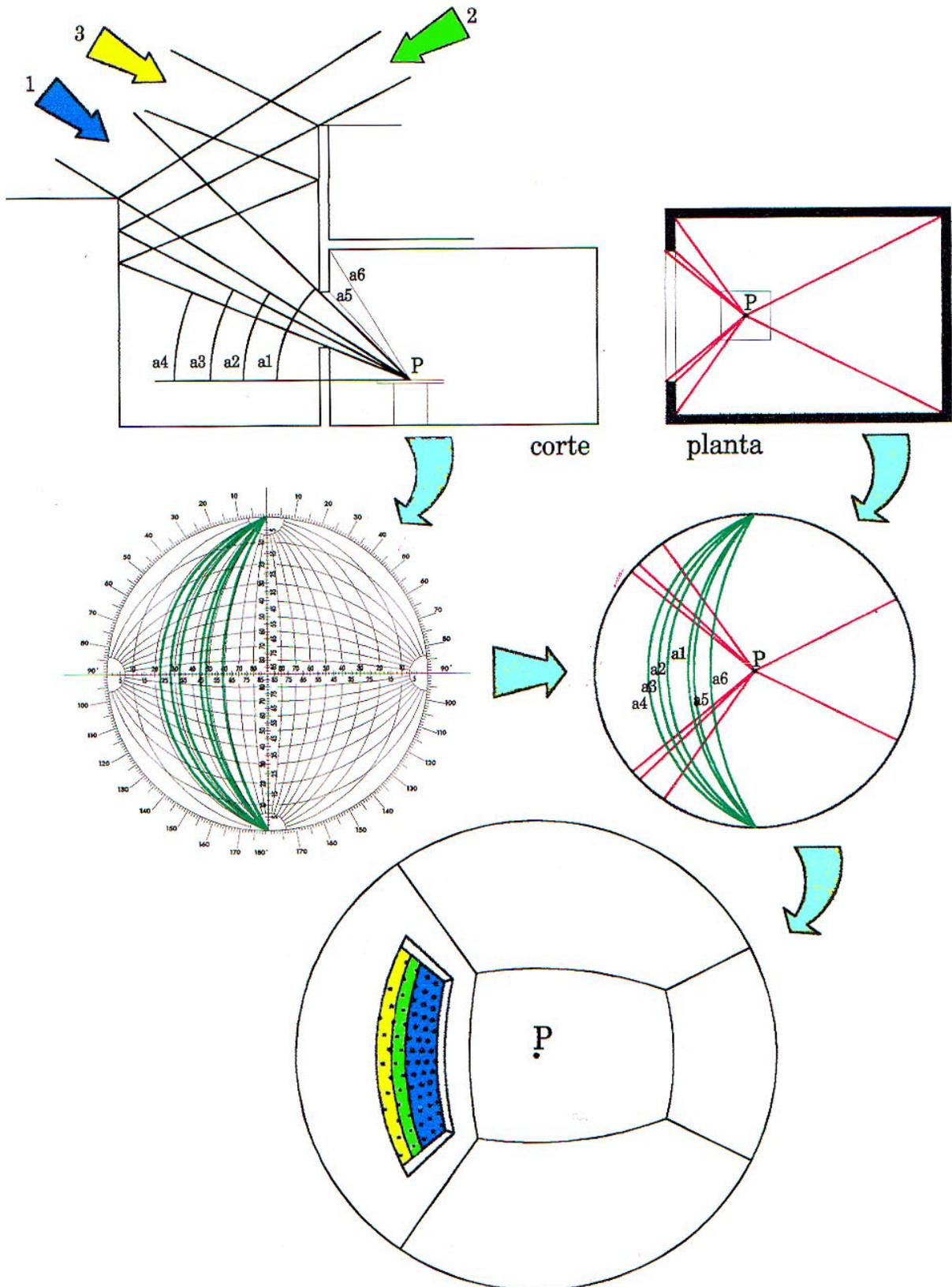


Figura 20: Construção da máscara de sombra do ambiente da figura 19. Com inserção dos ângulos de obstrução externos e sobreposição do Diagrama de Pontos Equiluminosos.

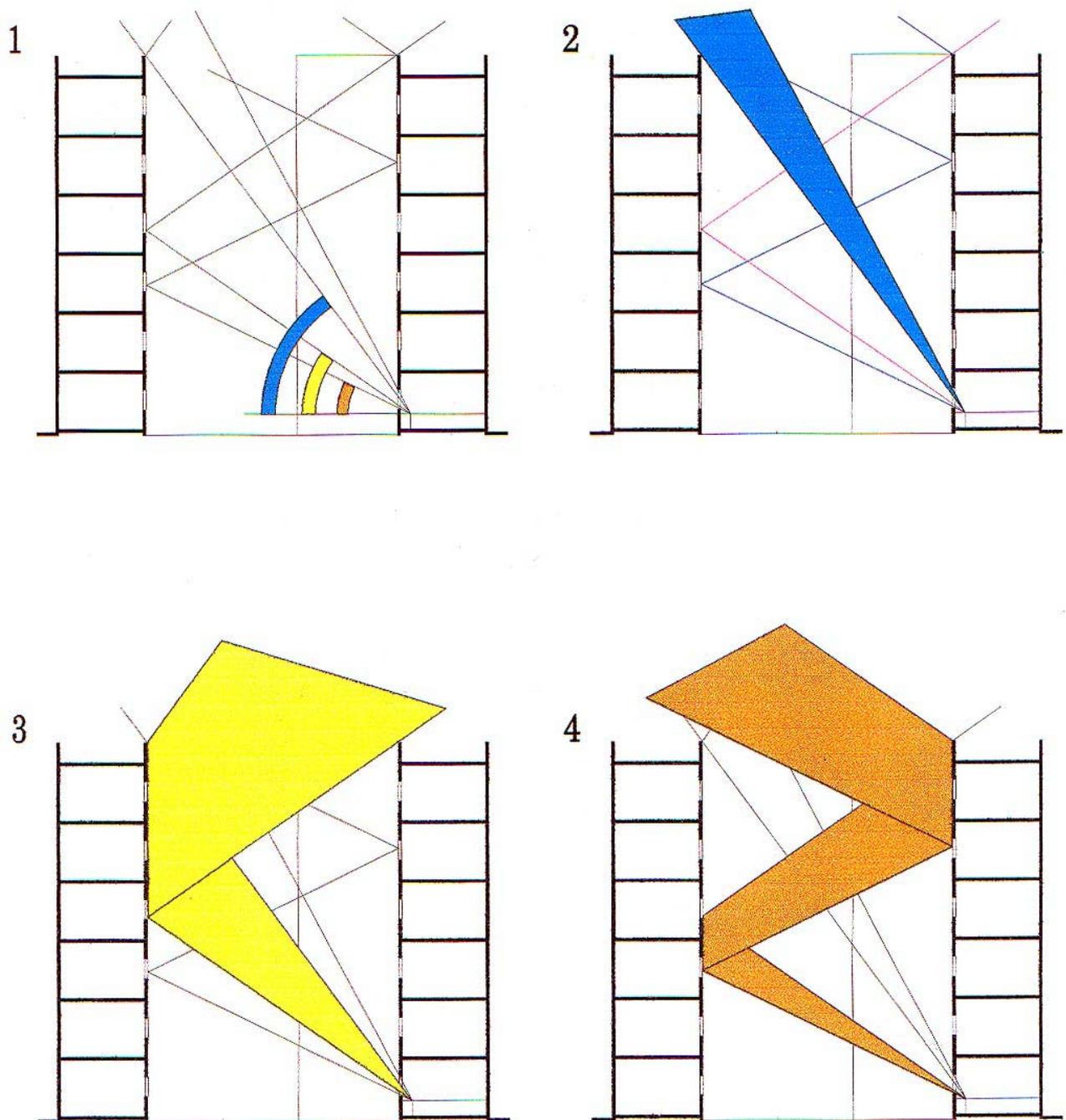


Figura 21: Reflexões externas múltiplas da luminância proveniente da abóbada celeste antes de chegar a um ponto observado dentro de um ambiente construído no primeiro andar de uma edificação com seis pavimentos.

- 1 - Ângulos de obstrução externa por número de reflexões;
- 2 - Faixa em que a luz da abóbada chega diretamente no ponto observado sem sofrer reflexões externas;
- 3 - Faixa em que a luz da abóbada chega no ponto observado após sofrer uma reflexão no edifício vizinho;
- 4 - Faixa em que a luz da abóbada chega no ponto observado após sofrer duas reflexões, uma na fachada do edifício onde o ambiente está localizado e outra no edifício vizinho.

7. PROCESSO DE CÁLCULO

Após a definição dos dados físicos e materiais dos ambientes, do valor da luminância da abóbada celeste, das máscaras de sombra, dos ângulos de obstrução externos, dos números de reflexões externos e do número de pontos referente aos ângulos sem obstrução e com os diferentes tipos de obstrução e reflexões externas, passamos para execução dos cálculos da iluminância natural resultante em um determinado ponto de um ambiente residencial. Tendo todos estes dados colhidos, o cálculo segue uma mesma rotina para todos os casos. Esta rotina de cálculo segue os seguintes passos:

1) Cálculo da Componente celeste (CC) através da seguinte fórmula:

$$CC = 0,1 \cdot (\text{n.º de pontos não obstruídos}) \cdot RDV$$

Sendo o RDV a redução devida aos vidros e caixilhos presentes no vão de iluminação. Esta redução é provocada pelos materiais utilizados na esquadria e até mesmo pela poeira ou sujeira que se depositam nos vidros ou plásticos da mesma. Os valores para calcular o RDV são decorrentes de três fatores: a) ao **tipo** de vidro ou plástico (**rt**); b) ao nível de acúmulo de sujeira ao qual estipulou-se um **fator de manutenção** do ambiente (**fm**); e ao tamanho dos **caixilhos** (**cx**). As reduções **rt** e **fm** são encontradas em tabelas divulgadas por *Hopkinson* (1975;122 e 355). A redução **cx** é a porcentagem que os caixilhos ocupam do vão de iluminação.

Para todos os ambientes utilizamos o vidro incolor comum que tem um **rt** igual a 0,90; um nível bom de manutenção, o que significa um **fm** igual a 0,90; e a redução devida aos caixilhos, como já mencionado, utilizamos dois valores 0,90 (redução de 10%) e 0,40 (redução de 60%).

O cálculo do RDV é simples, como mostra a fórmula a seguir:

$$RDV = rt \cdot fm \cdot cx$$

2) Cálculo da Componente Refletida Externa (CR) através da seguinte fórmula:

$$CR = 0,1 \cdot (\text{n.º de pontos obstruídos}) \cdot RDV \cdot \rho$$

Sendo “**ρ**” o coeficiente de reflexão da obstrução. Deverá ser calculada uma CR para cada tipo de obstrução, ou seja, para tipos diferentes de materiais das obstruções externas ou para cada número de reflexões sofrida pela luz da abóbada celeste antes de chegar ao ponto observado. No final a soma de todas as CRs parciais será o valor total para a componente refletida externa. Diversos autores divulgaram tabelas com valores de reflectância, as quais aparecem com uma certa divergência de autor para autor. No nosso estudo utilizamos uma mescla dos valores divulgados por *Hopkinson* (1975; 272) e *Carvalho* (1970; 60).

3) Cálculo da Componente Refletida Interna (CI) através da seguinte fórmula:

$$CI = \frac{0,85 \cdot W \cdot \{(C \cdot R_{fw}) + (5 \cdot R_{cw})\}}{A \cdot (1 - R)}$$

Sendo: W a área do vão de iluminação descontada a área que os caixilhos ocupam;

C uma função da distribuição da iluminância do céu e do maior ângulo de obstrução externo. Os valores de C são encontrados em tabela divulgada por Hopkinson (1975;281);

R é a média das reflectâncias de todas as superfícies do ambiente;

R_{fw} é a média das reflectâncias do piso e das paredes abaixo do plano de meia altura do vão de iluminação, sem incluir a parede onde se encontra o vão;

R_{cw} é a média das reflectâncias do teto e das paredes acima do plano de meia altura do vão de iluminação, sem incluir a parede onde se encontra o vão; e

A é a área total de todas as superfícies do ambiente.

4) Com os valores das três componentes, passamos para o cálculo da Iluminância Mínima Garantida - IMG, do ponto observado. A IMG é calculada através da seguinte fórmula:

$$IMG = AC \cdot \frac{(CC + CR + CI)}{100} \quad (\text{em lux})$$

Sendo: AC o valor de luminância da abóbada celeste encontrado no Gráfico de Dresler.

5) Após encontrado o valor da IMG, passamos para a norma divulgada pela ABNT e registrada no INMETRO como NBR 5413, que trata da Iluminância de interiores. Esta norma estabelece valores de iluminância médias mínimas em serviço para iluminação artificial em interiores, onde se realizem atividades de comércio, indústria, ensino, esporte e outras. Para ambientes residenciais esta norma separa os valores recomendados em *geral* e *local*, sendo o segundo para tarefas específicas. Consideramos os valores gerais recomendados como os valores mínimos admissíveis para a iluminância natural geral resultante em ambientes residenciais, admitindo que a iluminância local, ou seja, em pontos determinados de trabalho, seja complementada por luz artificial.

A NBR 5413 separa o nível recomendado de iluminância em classes de tarefas visuais. A iluminância adequada é determinada por três fatores, de acordo com a Tabela 2 desta norma. Estes fatores são divididos por características da tarefa e do observador, e são: idade do observador; velocidade e precisão da tarefa; e reflectância do fundo da tarefa.

Como iremos considerar a luz natural para a estimar a iluminância resultante geral dos compartimentos, o fator para velocidade e precisão da tarefa será (-1), ou seja, sem importância. Desta forma com a utilização de um plano de trabalho com fundo em cor clara, ou reflectância superior a 70%, chegamos ao valor inferior dos recomendados.

Nesta norma encontramos o item 5.3.65 que trata das residências. Para todos os ambientes residenciais a iluminância geral recomendada recebe os mesmos valores, divididos por categorias. A categoria considerada no estudo foi a mínima, 100 lux. Este valor foi evidenciado nas planilhas com uma linha vermelha e nos gráficos com barras vermelhas quando o valor não alcançou o mínimo e em azul quando foi ultrapassado, servindo de referência visual para uma fácil compreensão dos resultados.

O último passo no processo de cálculo é a comparação do resultado da IMG com o valor da norma. Estando a IMG acima do valor determinado pela NBR 5413, a iluminância mínima estará garantida e de acordo com o recomendado para o tipo de atividade desenvolvida em ambientes residenciais.

8. PLANILHA DE CÁLCULO

Pelo fato de se ter uma rotina de cálculo para seguir e por serem numerosas as vezes em que utilizaremos esta mesma rotina, foi desenvolvida uma planilha para agilizar a execução dos cálculos e para facilitar a visualização dos resultados, que ao mesmo tempo executasse as contas necessárias e mostrasse de forma gráfica a situação em determinado ambiente.

A planilha desenvolvida está dividida em três partes. Na primeira são colocados os dados referentes aos números de pontos encontrados nas máscaras de sombra para cada tipo de obstrução externa (sem obstrução; PA1; PA2; PA3; PA4; CA1; AF1; AF1+PA1; etc.). Estes dados estão divididos em colunas com os números de reflexões de 0 a 10. Nos últimos campos da direita são mostrados os valores das componentes externas (CC e CR) e internas (CI), e o valor da Iluminância Mínima Garantida - IMG para cada caso.

Na segunda parte da planilha encontramos os campos onde são colocados os dados físicos e materiais dos ambientes, o valor da luminância da abóbada celeste e a relação entre a área do vão de iluminação e a do piso do ambiente.

Na terceira parte da planilha encontramos a representação gráfica dos resultados através de um gráfico de barras onde os valores das IMG aparecem de forma clara acima ou abaixo da linha que marca o valor mínimo de iluminância recomendada pela ABNT para o tipo de atividade desenvolvida no ambiente. Desta forma conseguimos rapidamente definir como os índices técnicos do CEDF estão atuando.

Mostraremos a seguir o modelo de uma planilha desenvolvida para o cálculo da iluminância natural resultante em um determinado ponto em um ambiente construído. Para ficar mais clara a percepção dos dados e informações da planilha utilizaremos um exemplo hipotético de ambiente.

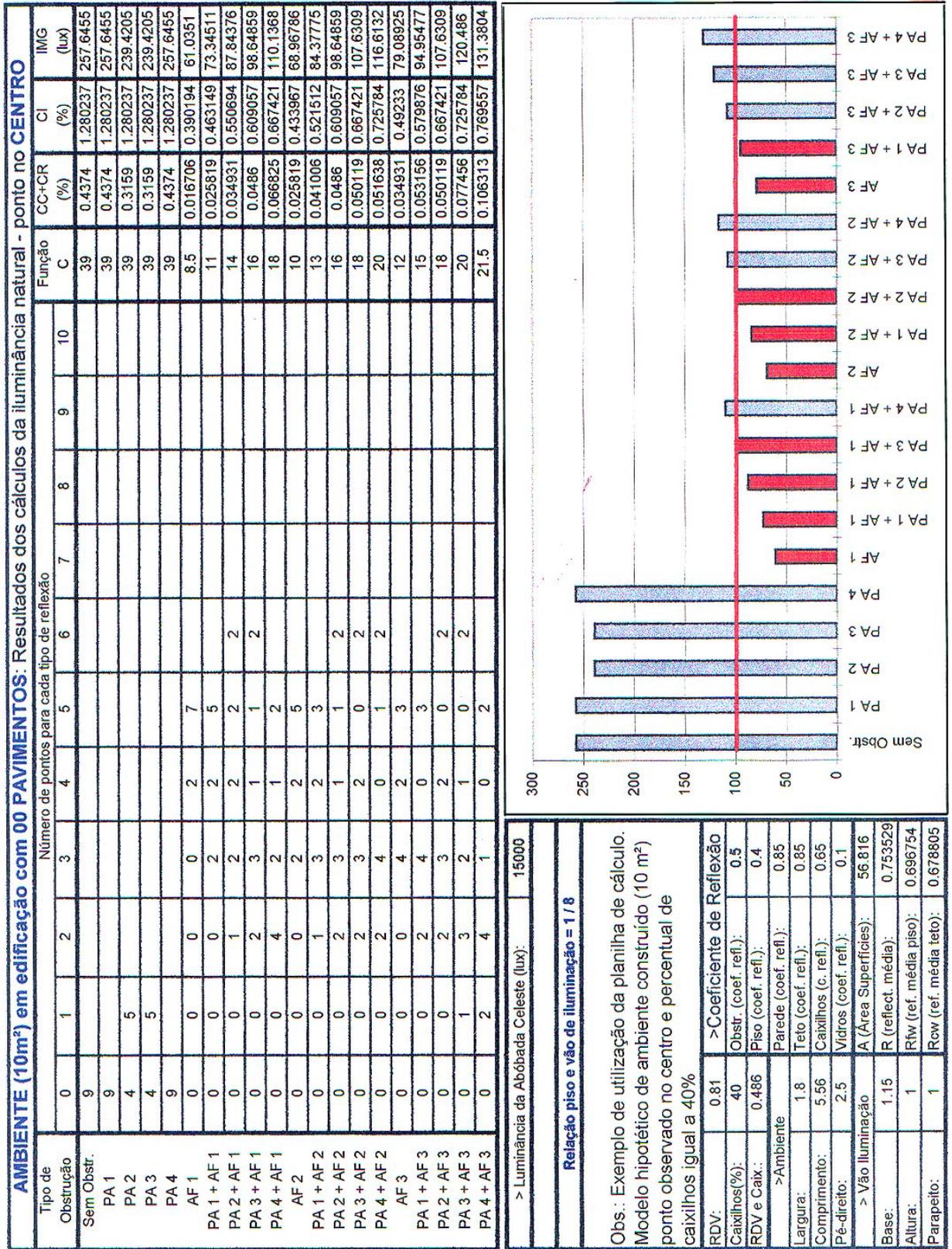


Figura 22: Planilha de cálculo da iluminância natural resultante em um ambiente construído. Exemplo hipotético.

Para facilitar a visualização da situação em cada compartimento, montamos diversos gráficos para cada caso estudado. São gráficos de barras coloridas de azul, para os valores que satisfazem as recomendações de iluminância da ABNT, e em vermelho para os que não satisfazem. Abaixo discriminaremos todas as informações presentes nestes gráficos que ajudam na rápida percepção da situação da iluminância natural resultante em cada situação.

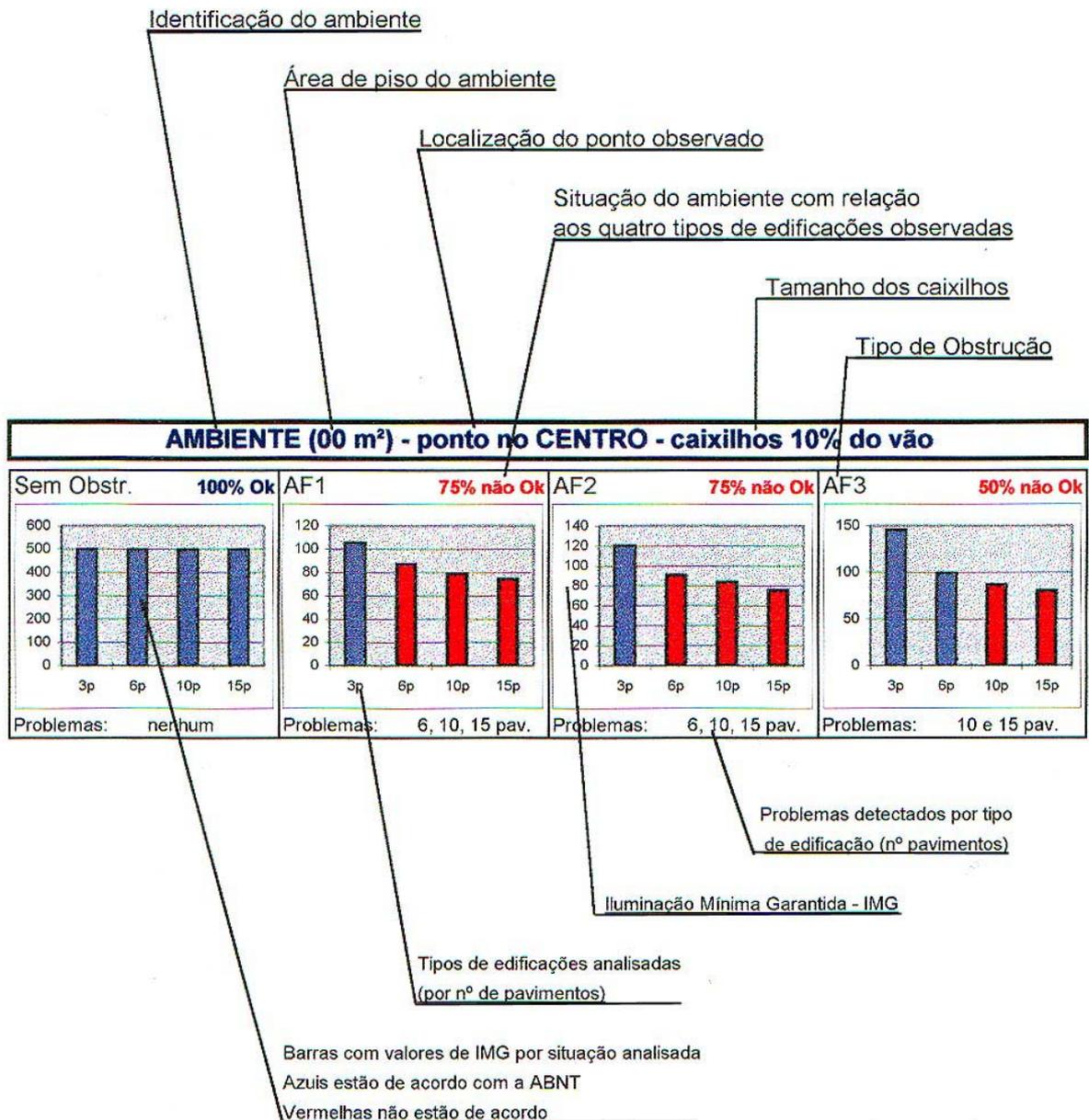


Figura 23: Gráficos de barras com os resultados dos cálculos da iluminância natural resultante por tipo de obstrução.

9. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Para a análise dos resultados seguimos determinados passos que nos auxiliaram a compreender cada parte que influencia no aumento ou diminuição da iluminância natural geral resultante nos ambientes residenciais construídos no Distrito Federal em edificações com 3, 6, 10 e 15 pavimentos (ver item 4.1). São etapas que sozinhas não representam a situação real, mas auxiliam na determinação da influência de cada índice técnico referente a iluminação natural do CEDF sobre os compartimentos. Os resultados das etapas de análise aparecem em forma de gráficos de barras para visualização e compreensão rápida dos mesmos. Estas etapas seguiram os seguintes passos:

- Verificação da formatação utilizada no CEDF para determinação das áreas mínimas dos vãos de iluminação, ou seja, a utilização de proporções entre as áreas dos vãos de iluminação e as áreas dos compartimentos. Identificação se com a mesma proporção entre a área do vão de iluminação e a área do compartimento em ambientes com dimensões diferentes obtinha-se valores aproximados de iluminância natural resultante. Esta verificação ocorreu com a análise dos gráficos 1 a 32;
- Apresentação do comportamento da iluminância natural resultante em ambientes com vão de iluminação seguindo a proporção de 1/8 entre a sua área e a área do compartimento, e a utilização de esquadrias com os caixilhos ocupando 60% (sessenta por cento) do vão de iluminação, para verificação da diminuição ocorrida nos índices técnicos referentes ao tamanho do vão de iluminação. Foram desenvolvidos gráficos para cada ambiente residencial com os resultados das análises da iluminância natural máxima resultante (gráficos 1 a 8) e iluminância natural média resultante (gráficos 9 a 16);
- Apresentação do comportamento da iluminância natural resultante em ambientes com vão de iluminação seguindo a proporção de 1/8 entre a sua área e a área do compartimento, e a utilização de esquadrias com os caixilhos ocupando 10% (dez por cento) do vão de iluminação, para verificação das proporções que definem as áreas mínimas dos vãos de iluminação dos compartimentos. Foram desenvolvidos gráficos para cada ambiente residencial com os resultados das análises da iluminância natural máxima resultante (gráficos 17 a 24) e iluminância natural média resultante (gráficos 25 a 32).

Esta análise abordou os índices técnicos referentes ao tamanho dos vãos de iluminação sob os seguintes aspectos: - Sem obstruções externas provocadas por edificações vizinhas; e

- Com obstruções externas provocadas por edificações vizinhas.

Os três afastamentos, AF1, AF2 e AF3 (ver item 4.1), foram analisados separadamente;

- Apresentação do comportamento da iluminância natural resultante em ambientes que possuem reentrâncias ou cachimbos, com vão de iluminação seguindo a proporção de 1/8 entre a sua área e a área do compartimento somada ao do cachimbo, e a utilização de esquadrias com os caixilhos ocupando 10% (dez por cento) do vão de iluminação, para verificação da proporção que define as áreas mínimas dos vãos de iluminação dos compartimentos. Foram desenvolvidas planilhas (planilhas 1 a 4) para o cálculo da iluminância natural resultante nos ambientes residenciais que utilizam cachimbos (salas e dormitórios). Nestas planilhas encontramos uma representação gráfica dos resultados com a utilização de barras. Os valores que estiverem acima do recomendado pela ABNT foram representados por barras azuis, e os que estiverem abaixo aparecem em vermelho.

Esta análise abordou os índices técnicos referentes ao tamanho dos vãos de iluminação localizados nos cachimbos sob os seguintes aspectos:

- Sem obstruções externas provocadas por edificações vizinhas; e
 - Com obstruções externas provocadas por edificações vizinhas.
- Apresentação do comportamento da iluminância natural resultante em ambientes que possuem prismas abertos de iluminação (*PA1*, *PA2*, *PA3* e *PA4*), com vão de iluminação seguindo a proporção de 1/8 entre a sua área e a área do compartimento, e a utilização de esquadrias com os caixilhos ocupando 10% (dez por cento) do vão de iluminação.

GRÁFICOS 1 a 8: Gráficos com valores da iluminância máxima resultante (ponto a 50cm do vão de iluminação) nos compartimentos residenciais, utilizando-se os caixilhos ocupando 60% do vão de iluminação, proporção entre a área do vão de iluminação e a área do compartimento igual a 1/8.

GRÁFICO 01 - SALA (12 m²) - ponto a 50cm da janela - caixilhos 60% do vão

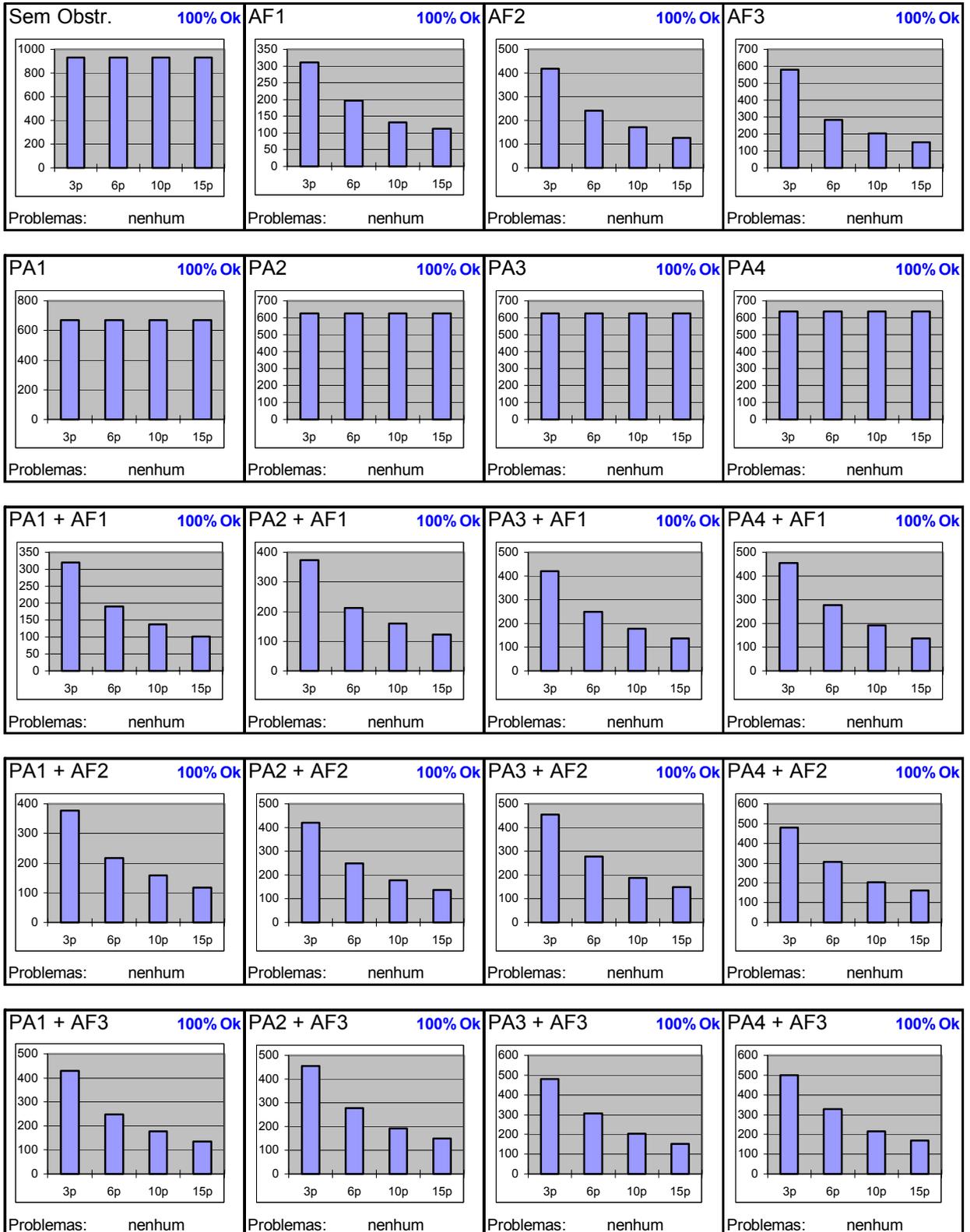


GRÁFICO 02 - QUARTO 1 (10m²) - ponto a 50cm da janela - caixilhos 60% do vão

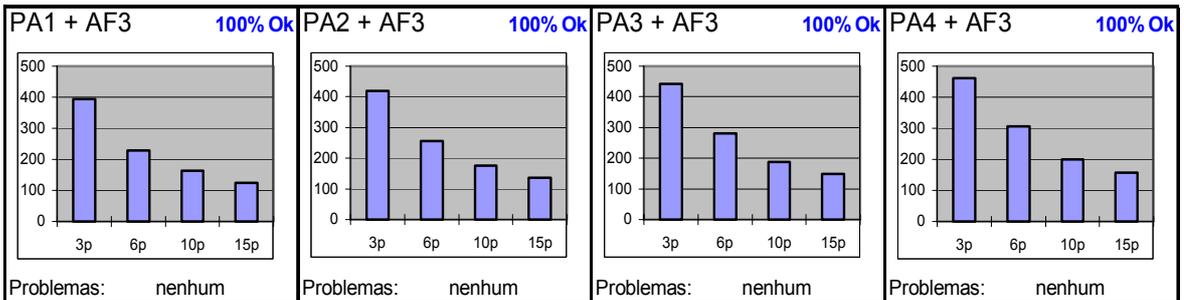
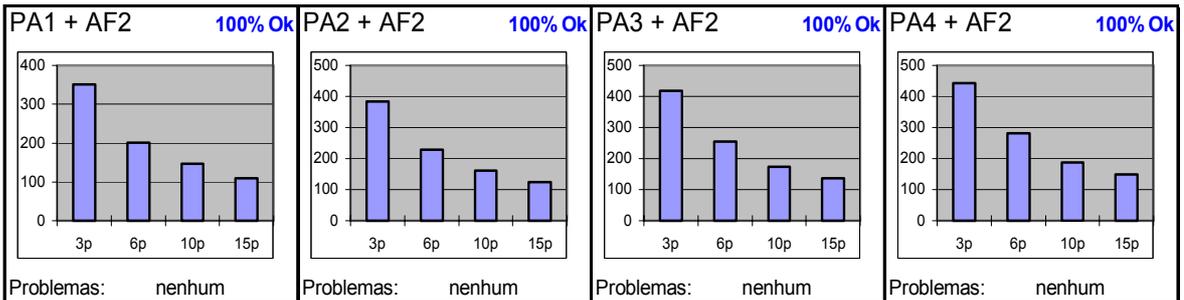
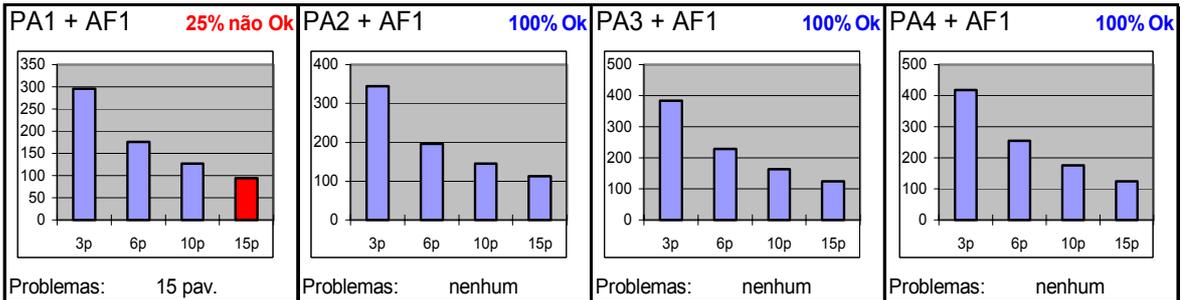
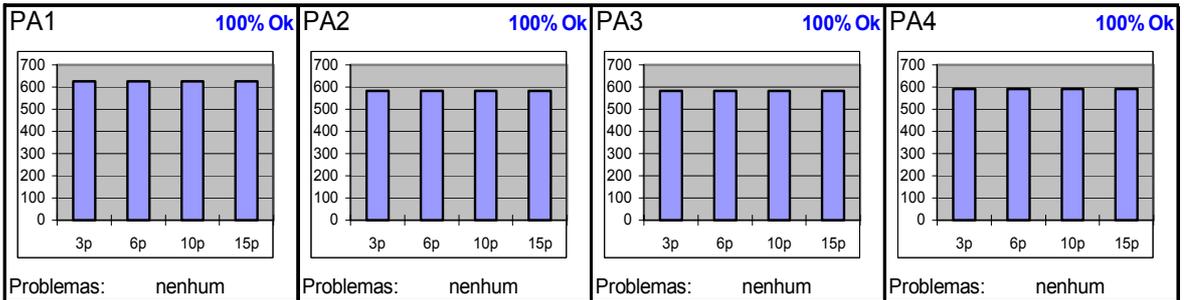
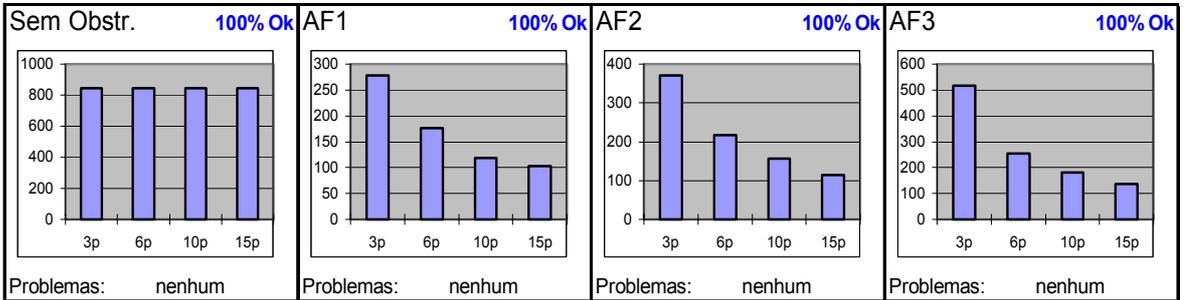


GRÁFICO 03 - QUARTO 2 (9m²) - ponto a 50cm da janela - caixilhos 60% do vão

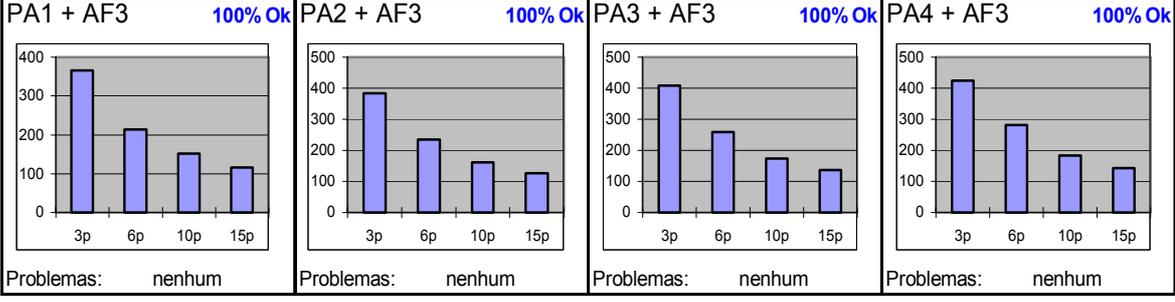
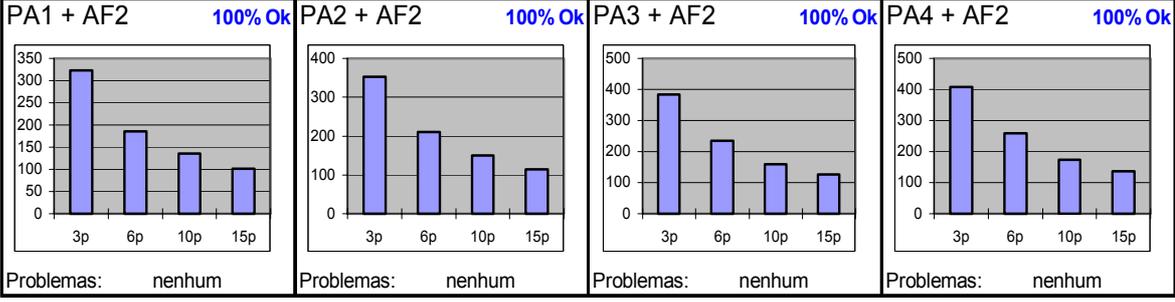
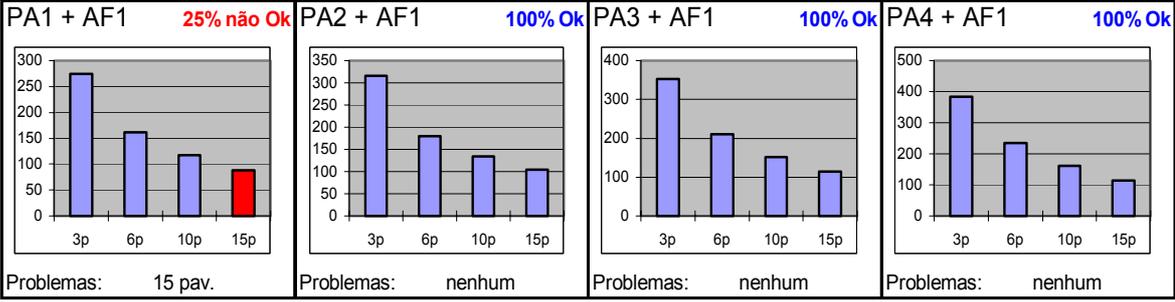
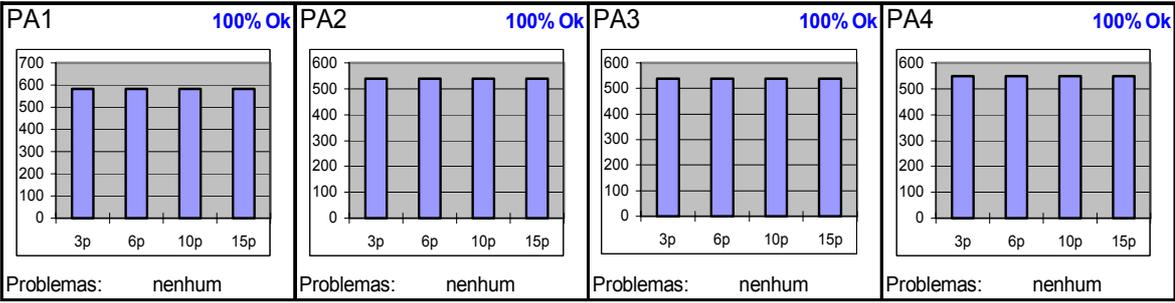
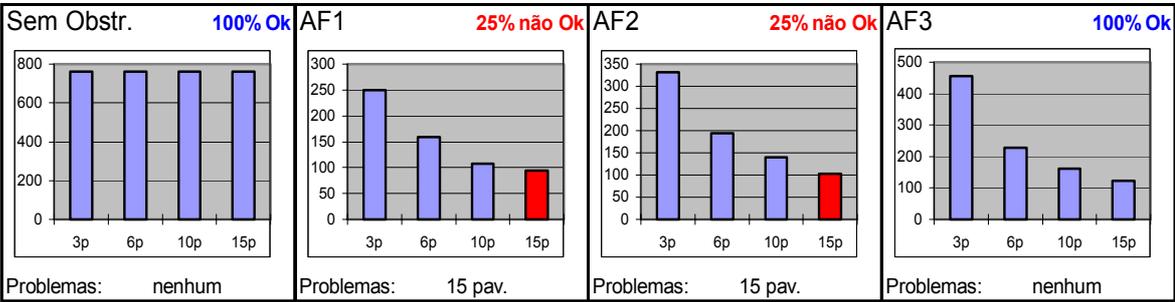


GRÁFICO 04 - QUARTO 3 (8m²) - ponto a 50cm da janela - caixilhos 60% do vão

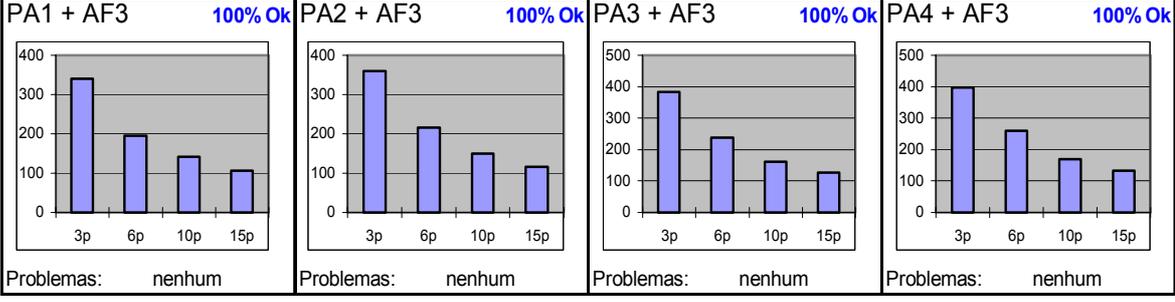
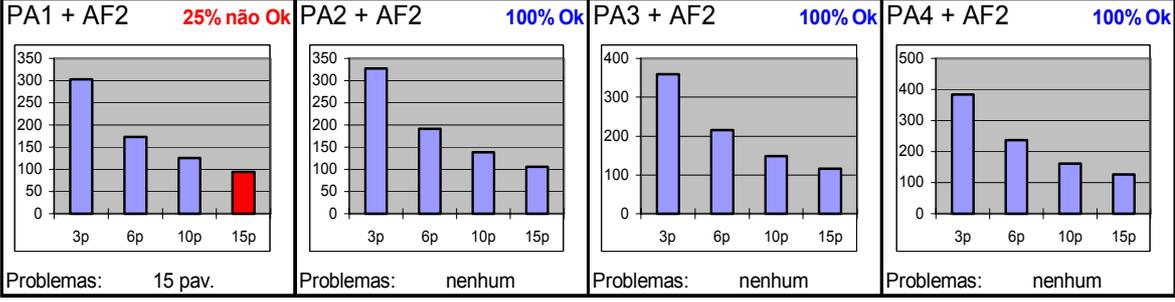
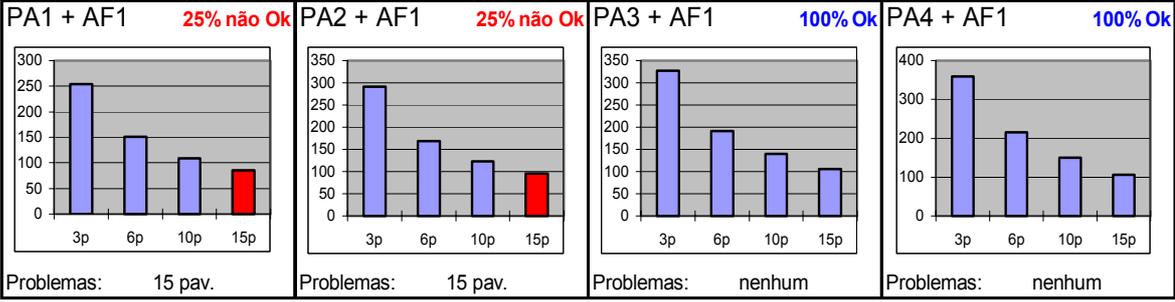
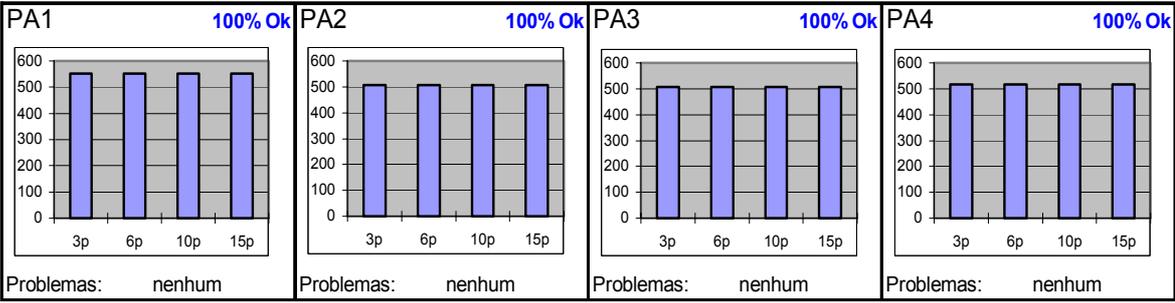
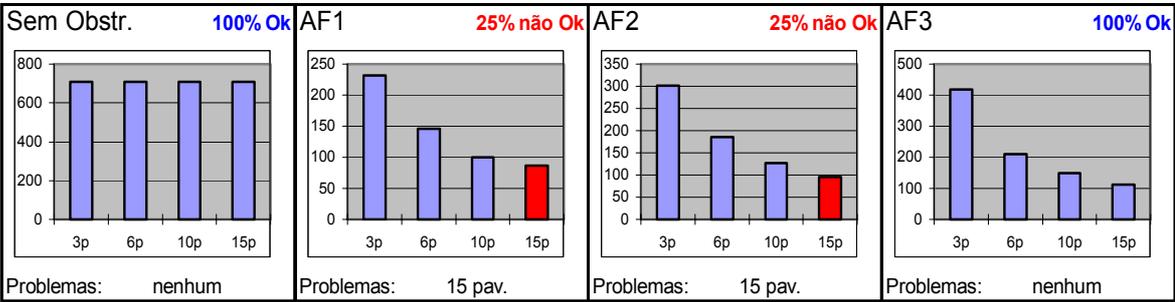


GRÁFICO 05 - Q.EMPREG. e COZINHA (6m²) - a 50cm da janela - caixilhos 60% do vão

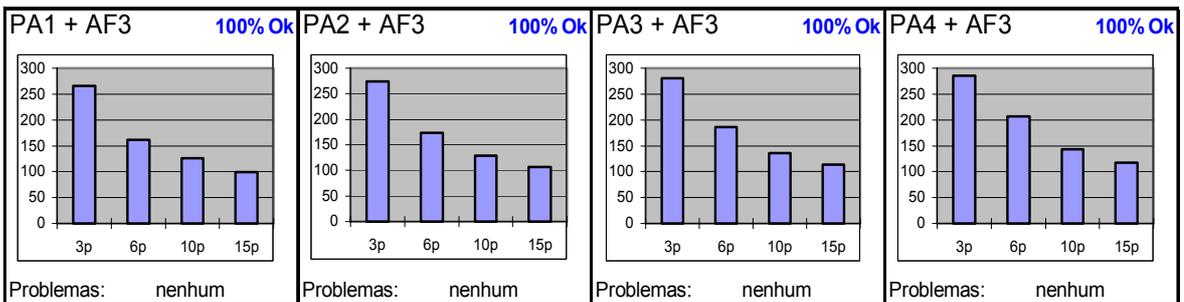
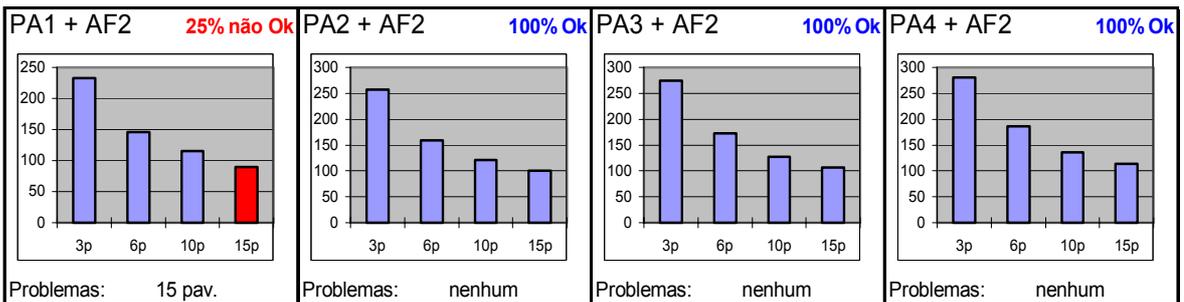
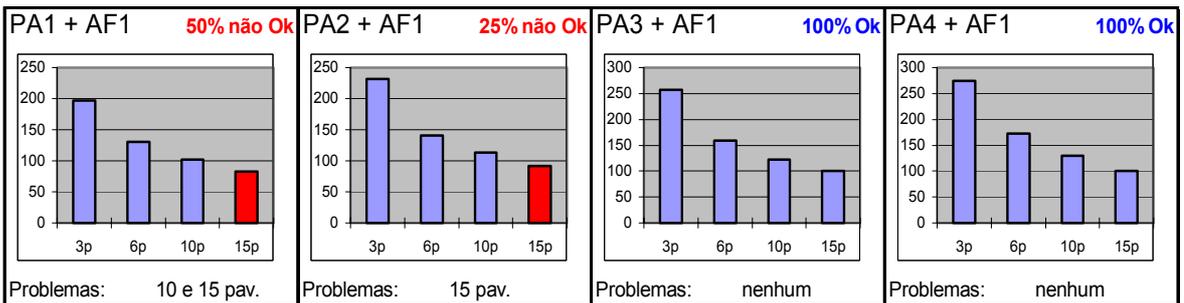
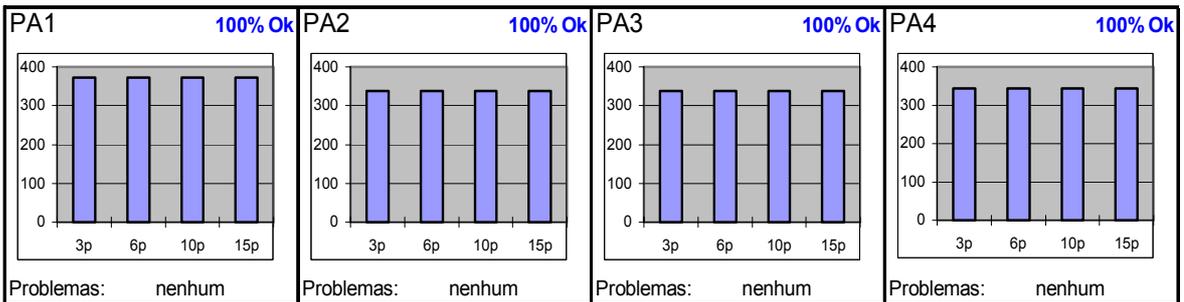
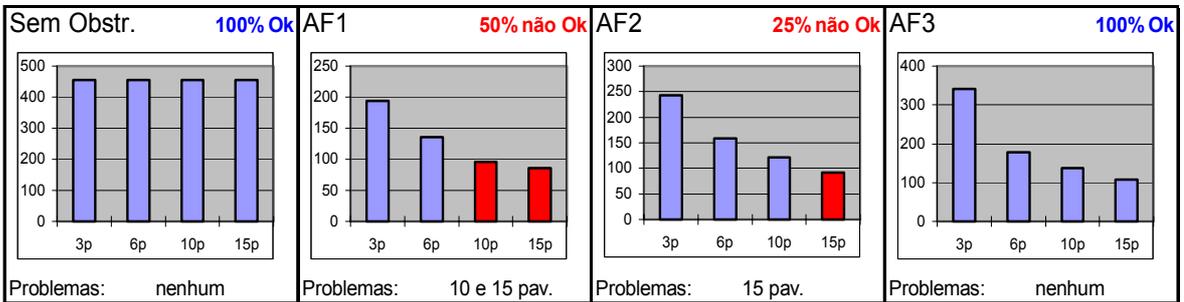


GRÁFICO 06 - COZ. + ÁREA SERV. (10 m²) - a 50cm da janela - caixilhos 60% do vão

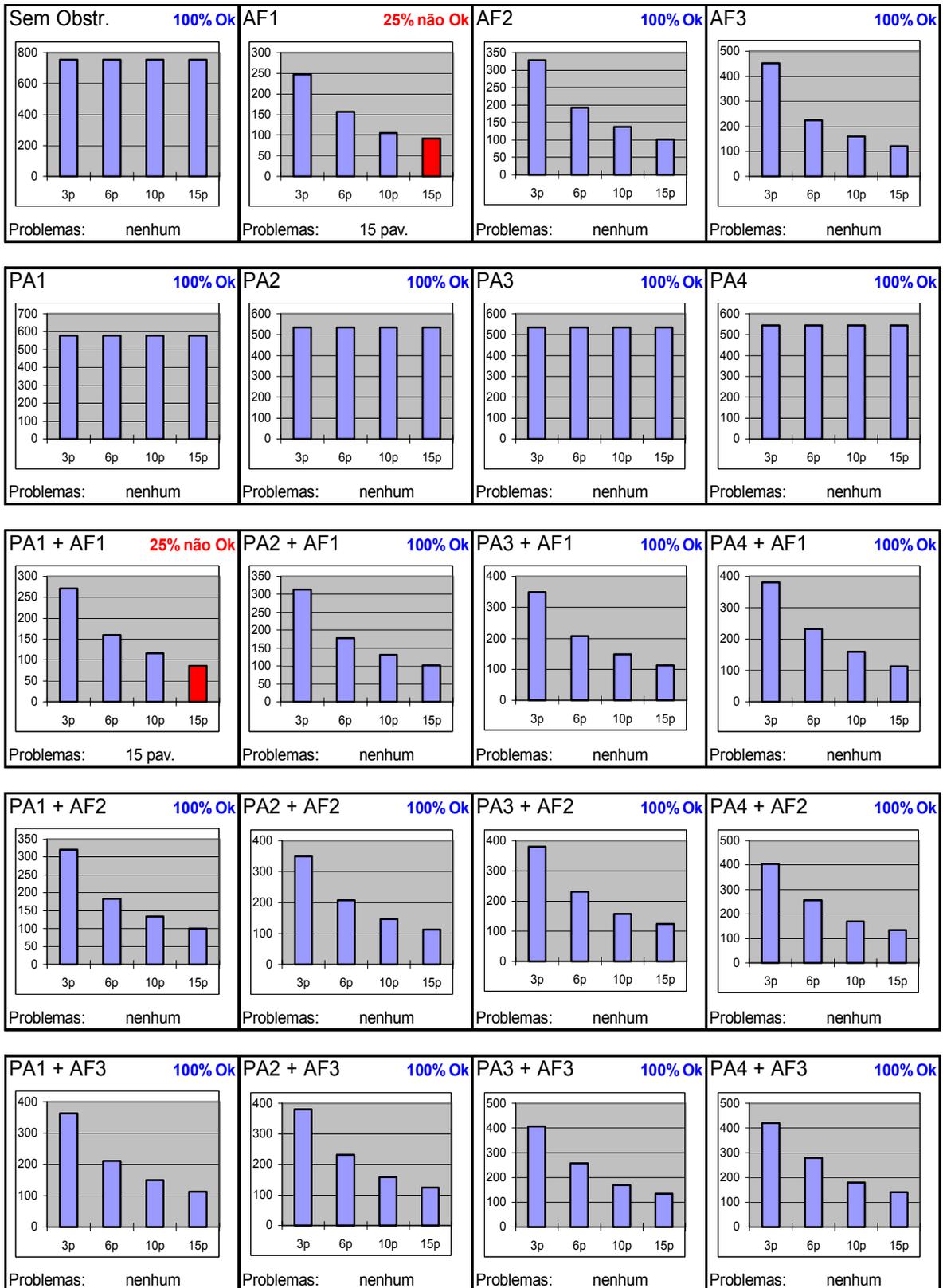


GRÁFICO 07 - ÁREA DE SERV. (4m²) - ponto a 50cm da janela - caixilhos 60% do vão

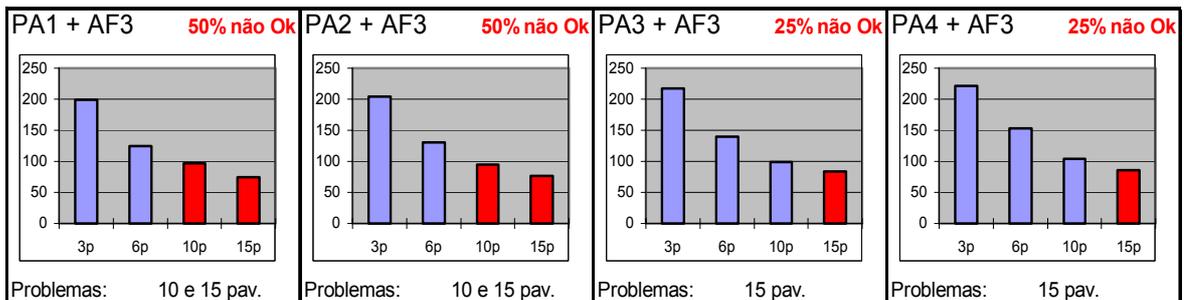
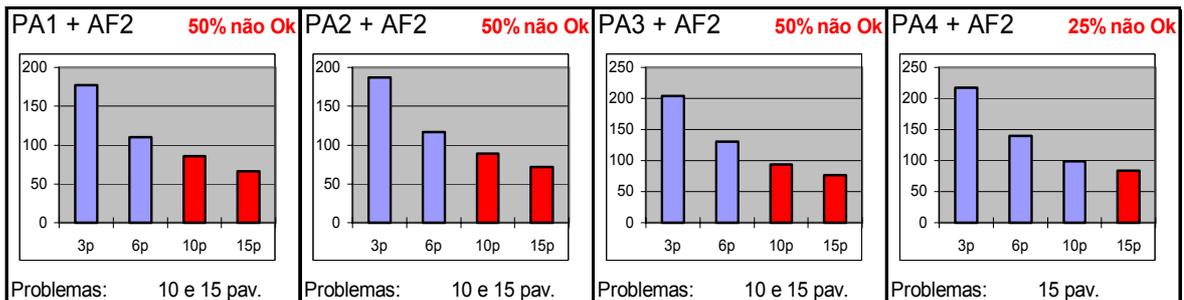
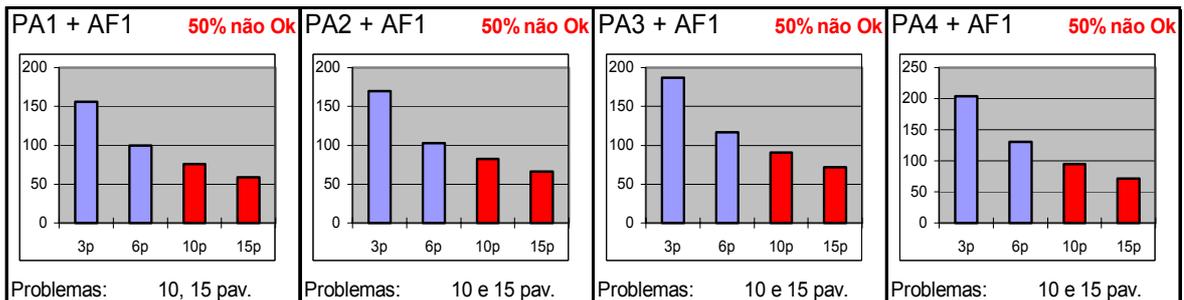
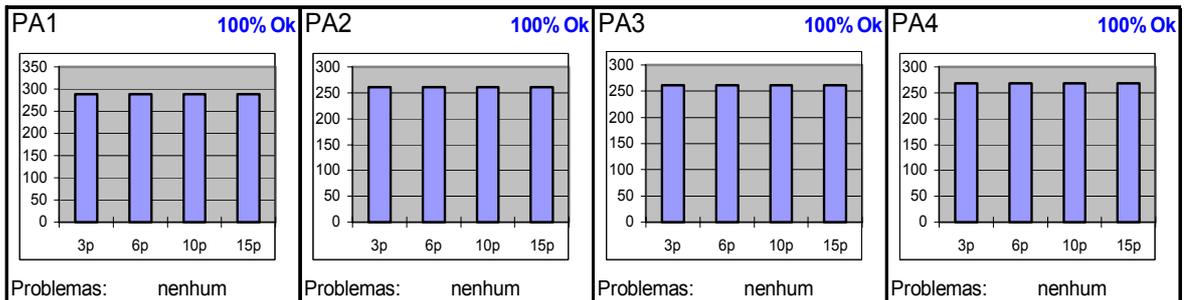
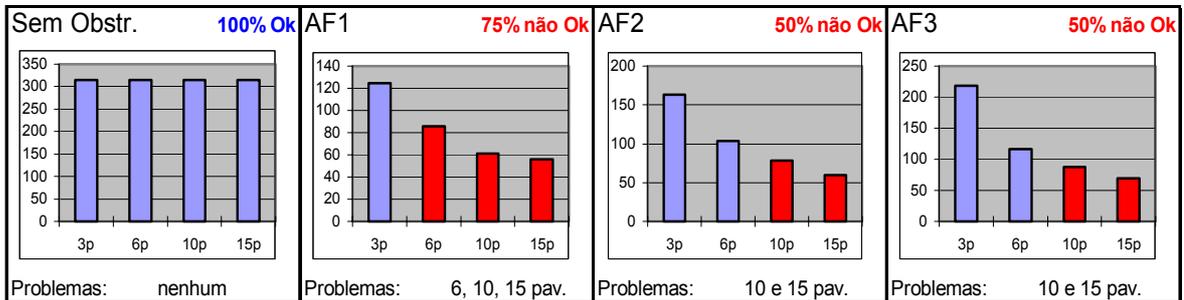
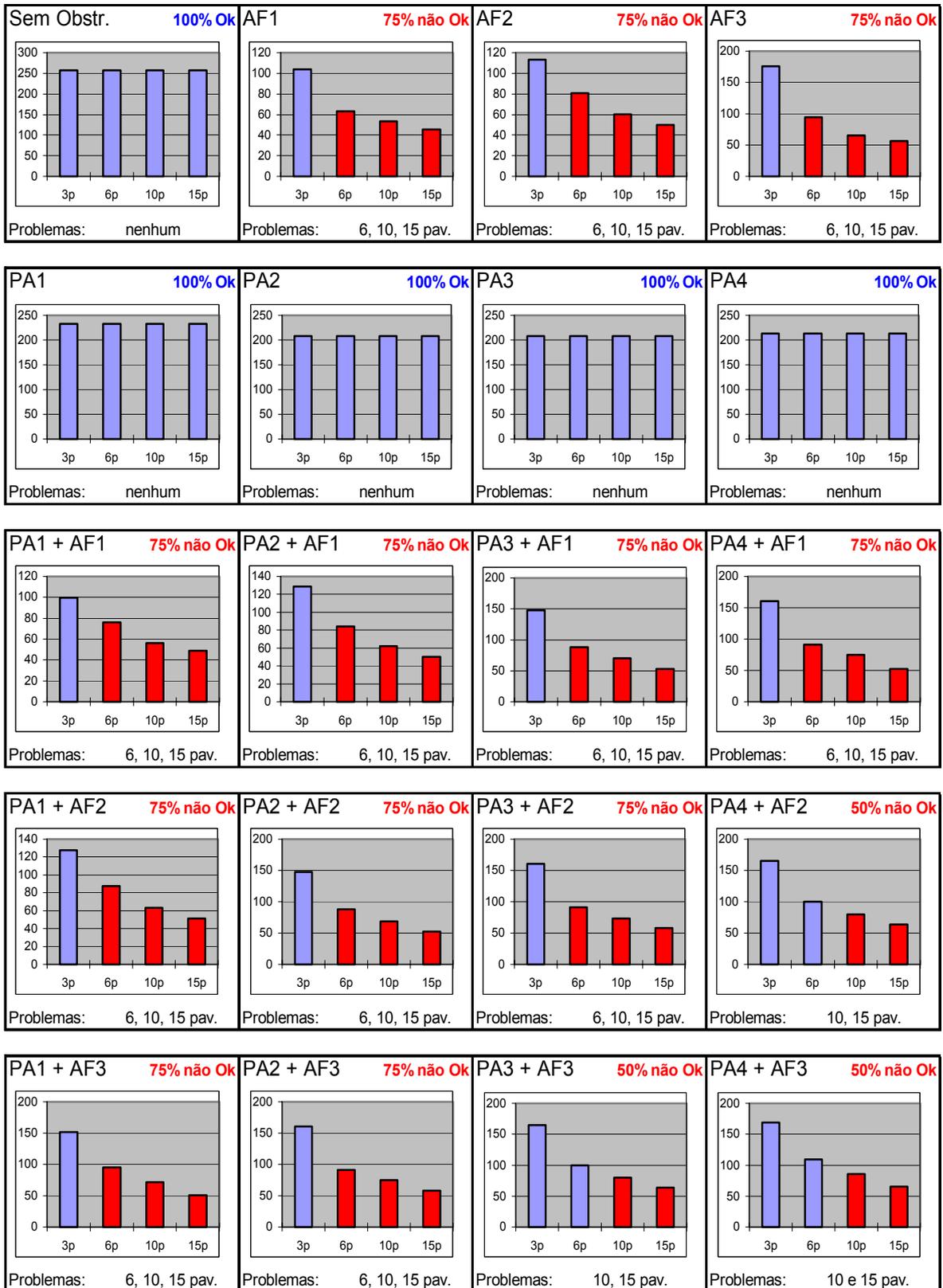


GRÁFICO 08 - WC SOCIAL (3,50 m²) - ponto a 50cm da janela - caixilhos 60% do vão



GRÁFICOS 9 a 16: Gráficos com valores da iluminância média resultante (ponto no centro do ambiente) nos compartimentos, utilizando-se os caixilhos ocupando 60% do vão de iluminação, proporção entre a área do vão de iluminação e a área do compartimento igual a 1/8.

GRÁFICO 09 - SALA (12 m²) - ponto no CENTRO - caixilhos 60% do vão

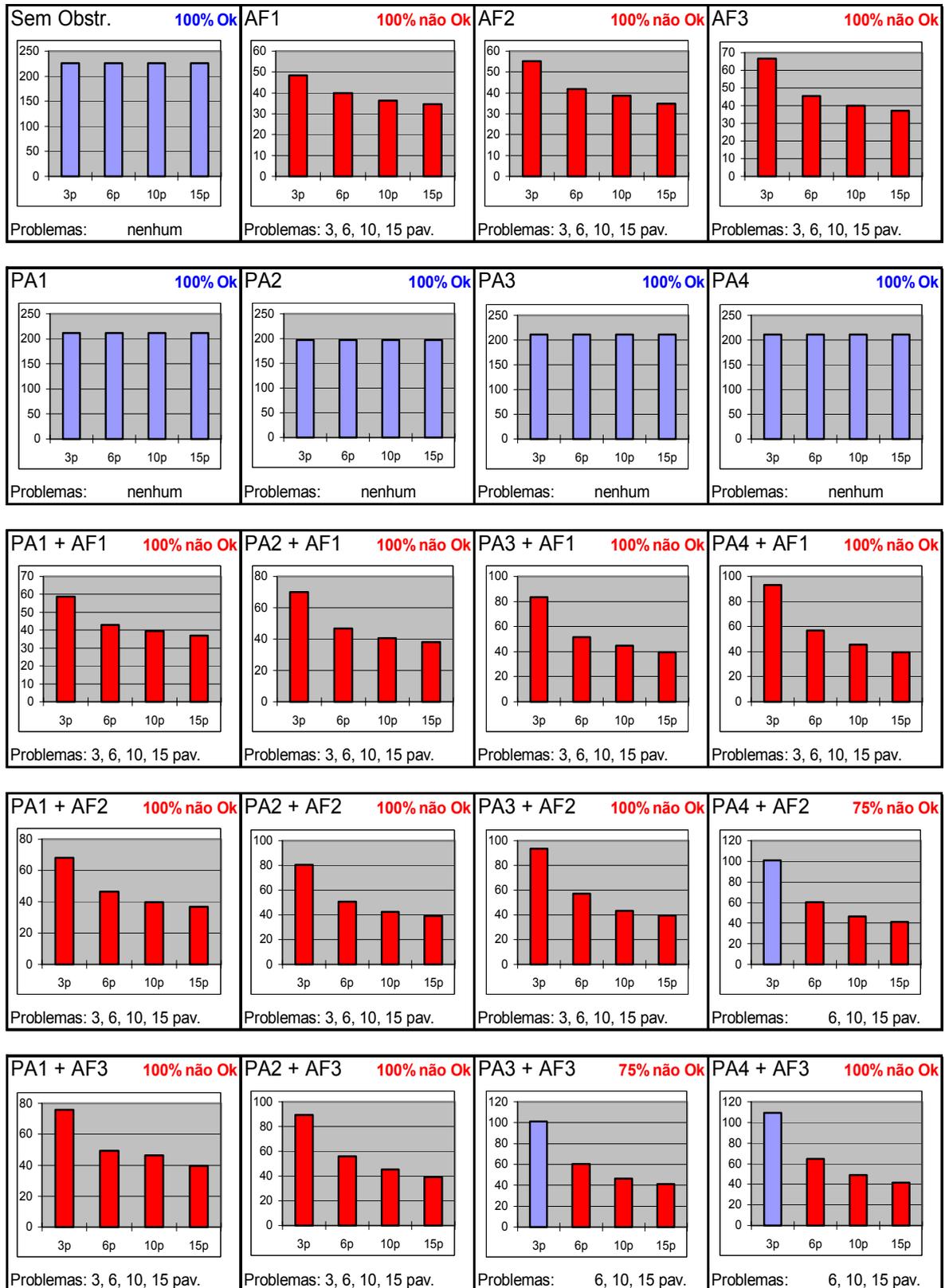


GRÁFICO 10 - QUARTO 1 (10 m²) - ponto no CENTRO - caixilhos 60% do vão

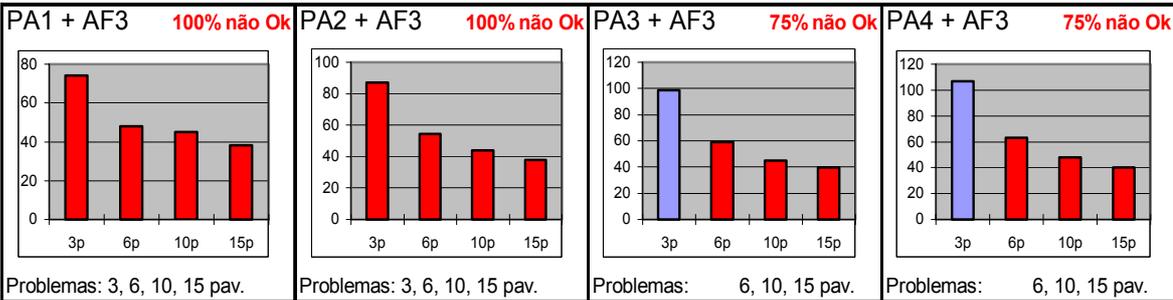
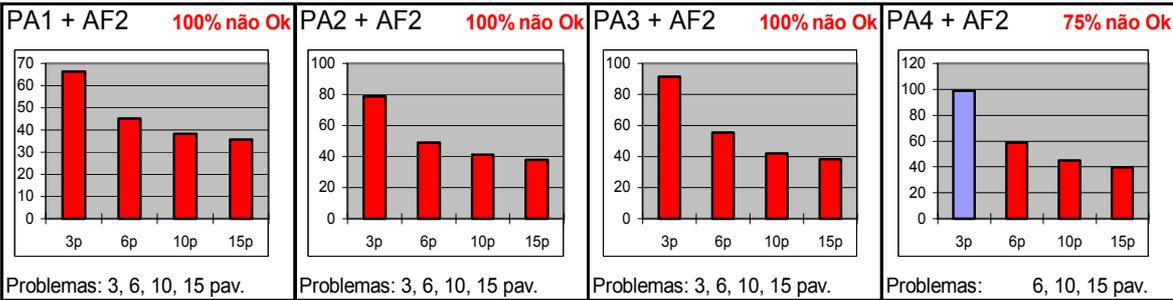
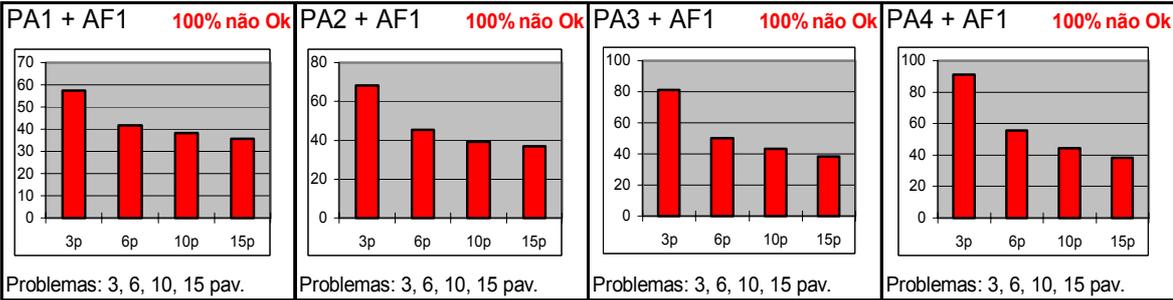
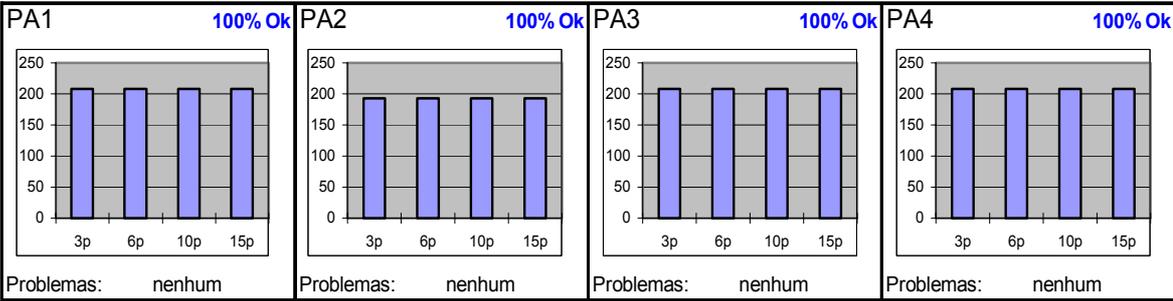
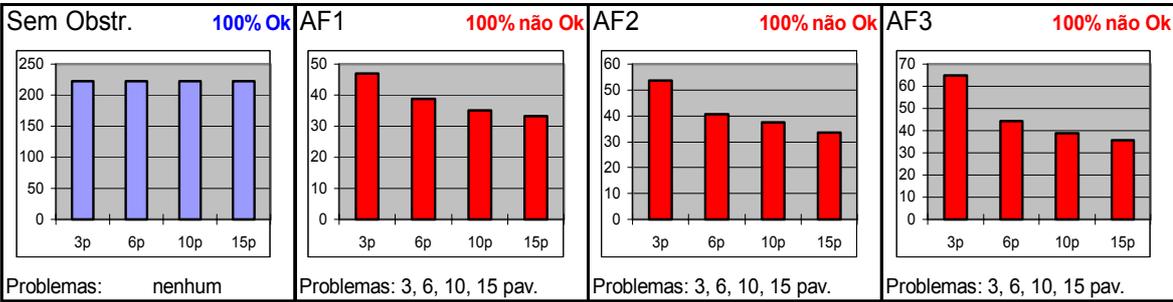


GRÁFICO 11 - QUARTO 2 (9 m²) - ponto no CENTRO - caixilhos 60% do vão

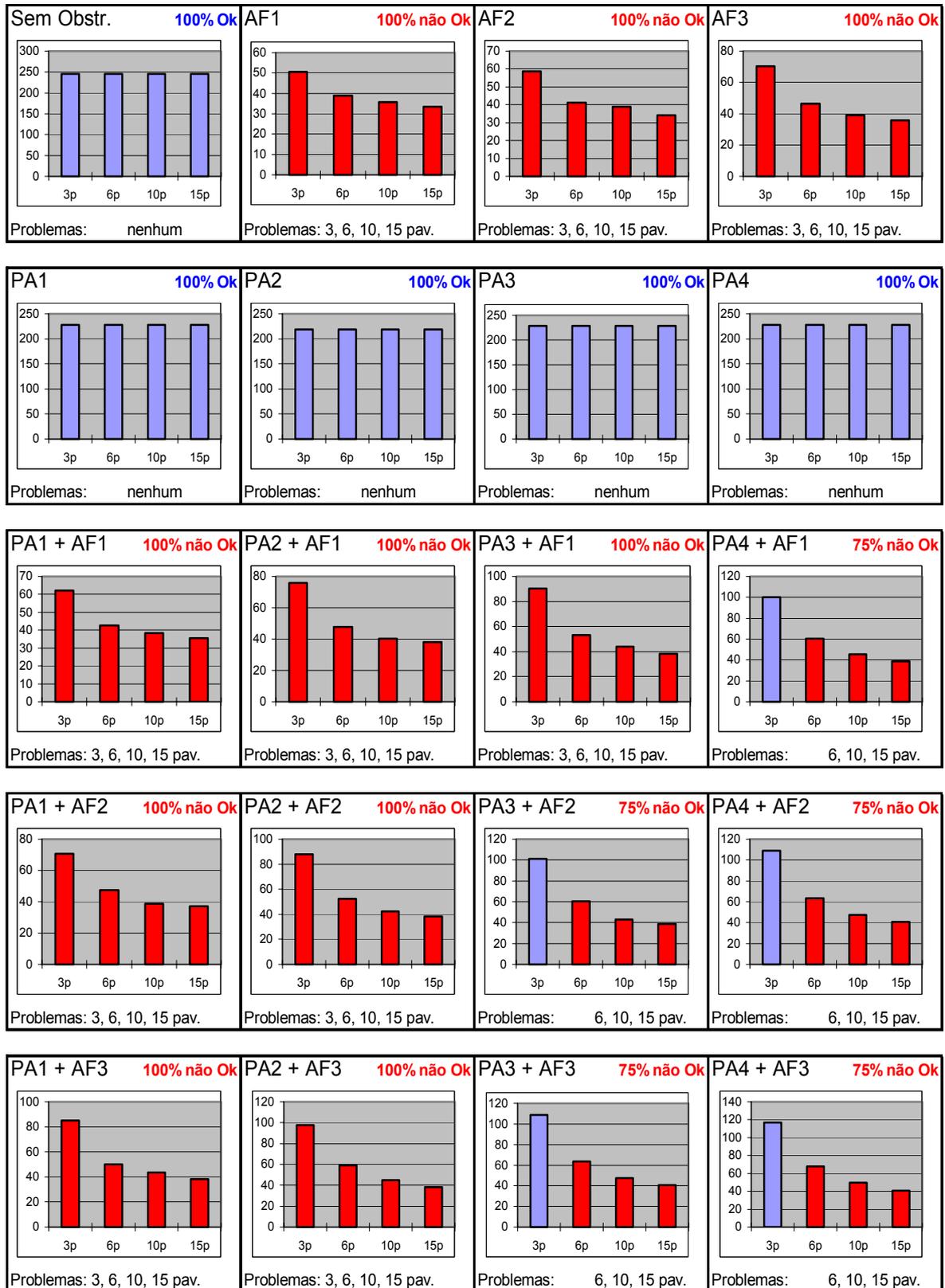


GRÁFICO 12 - QUARTO 3 (8 m²) - ponto no CENTRO - caixilhos 60% do vão

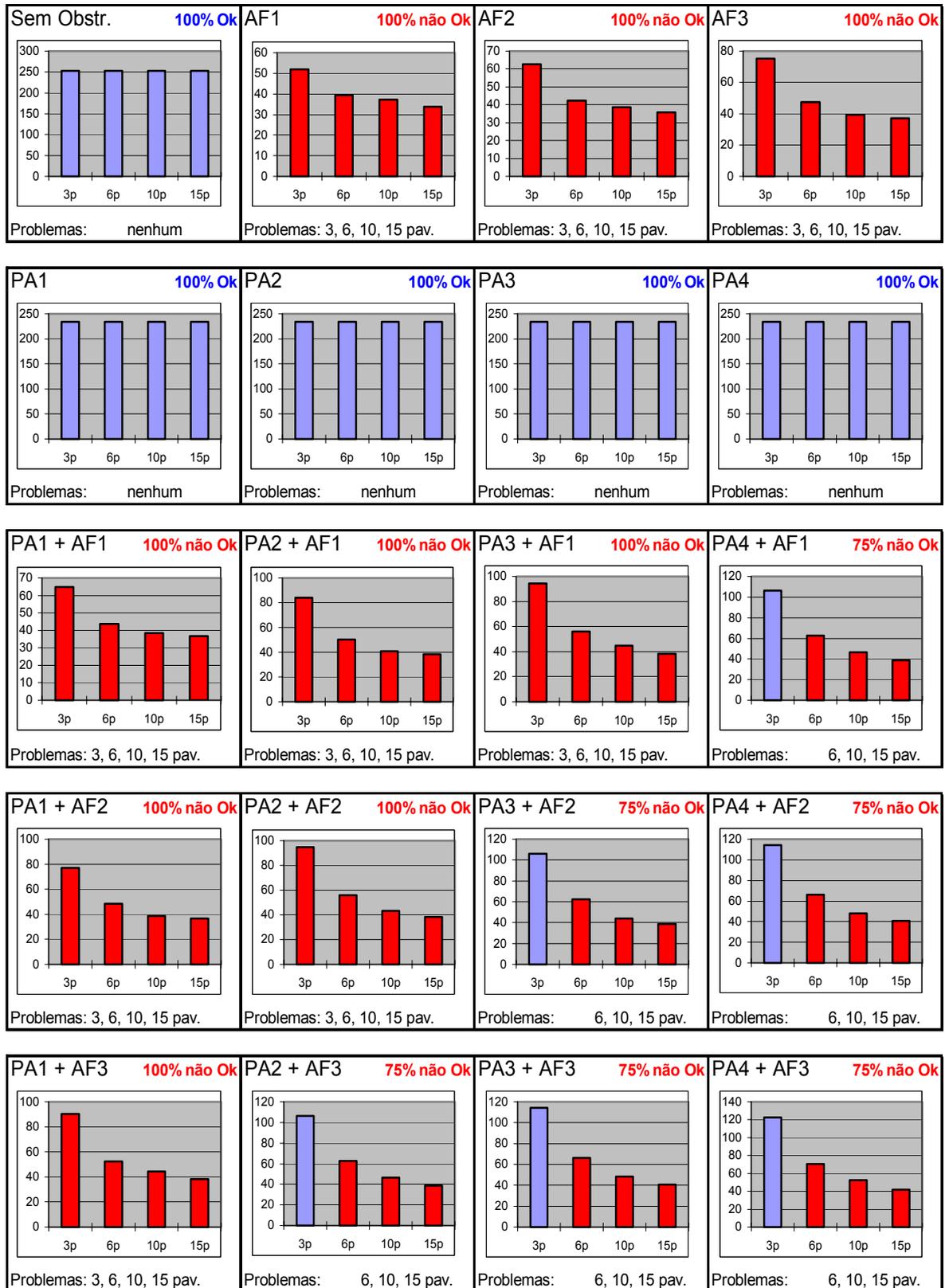


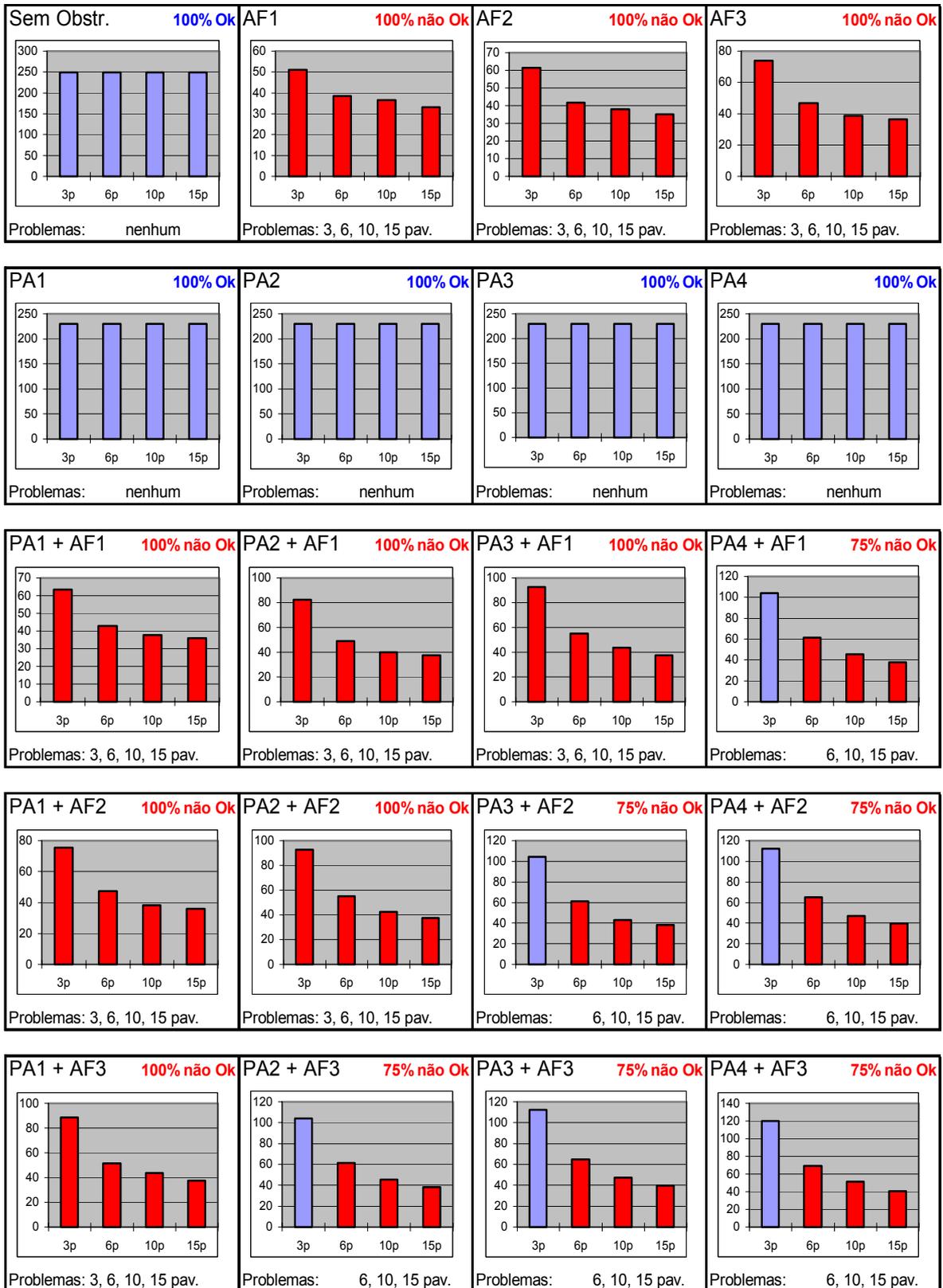
GRÁFICO 13 - Q.EMPREG. e COZ. (6 m²) - ponto no CENTRO - caixilhos 60% do vão

GRÁFICO 14 - COZ. + ÁREA SERV. (10 m²) - ponto no CENTRO - caixilhos 60% do vão

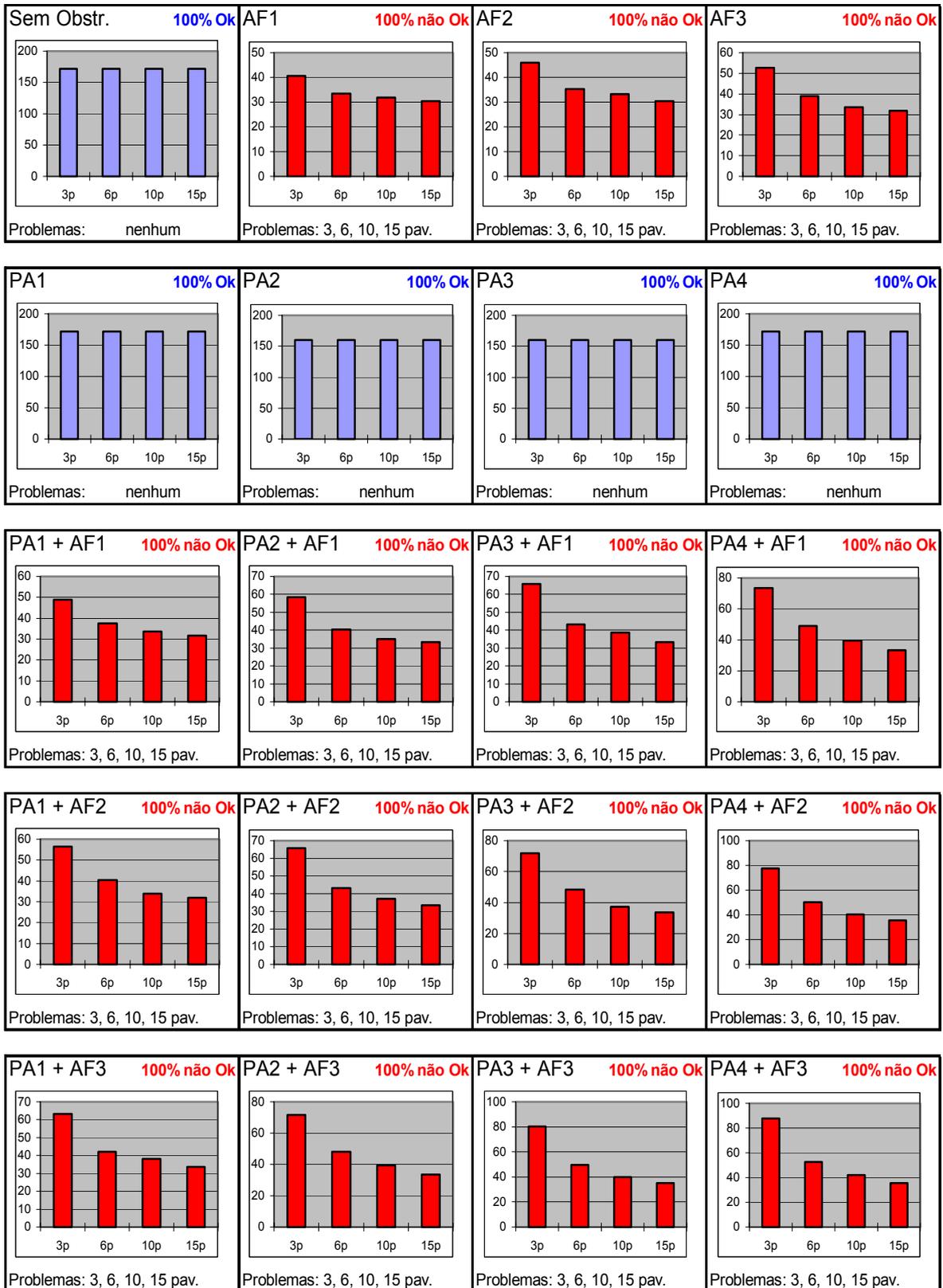
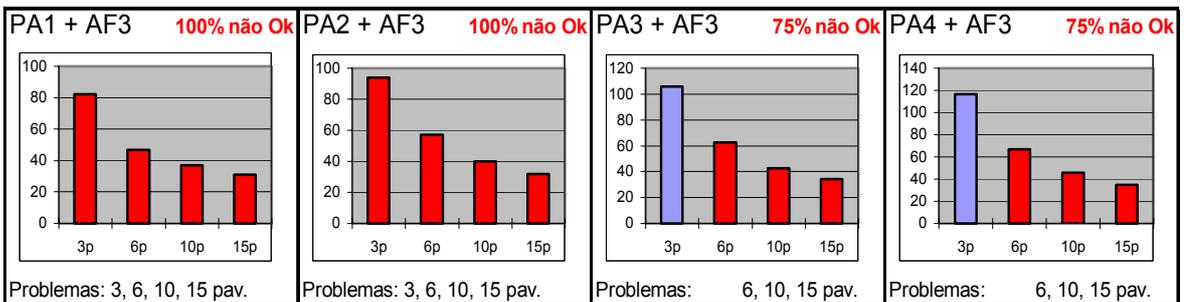
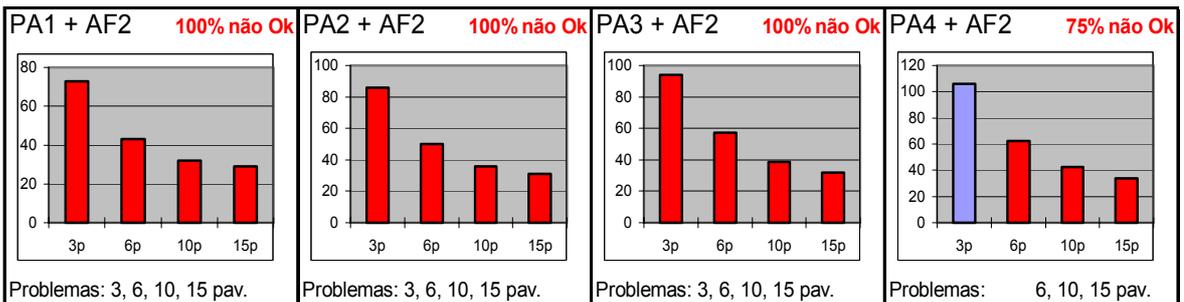
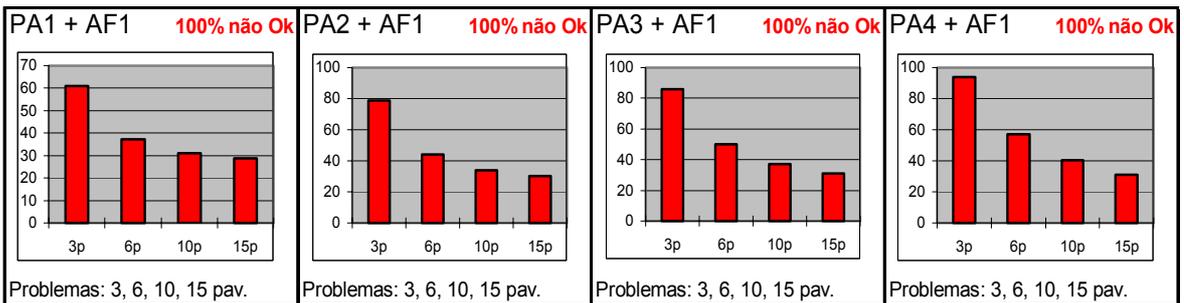
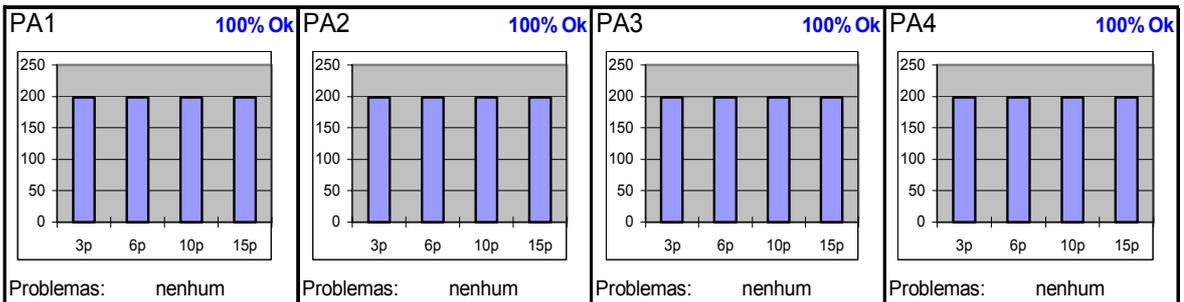
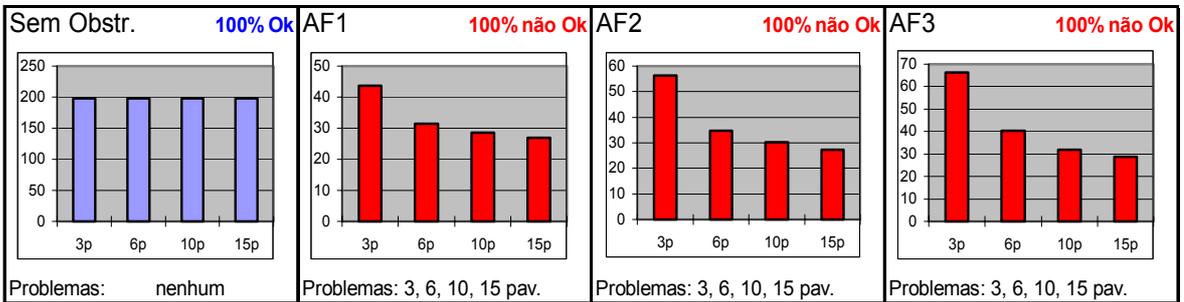
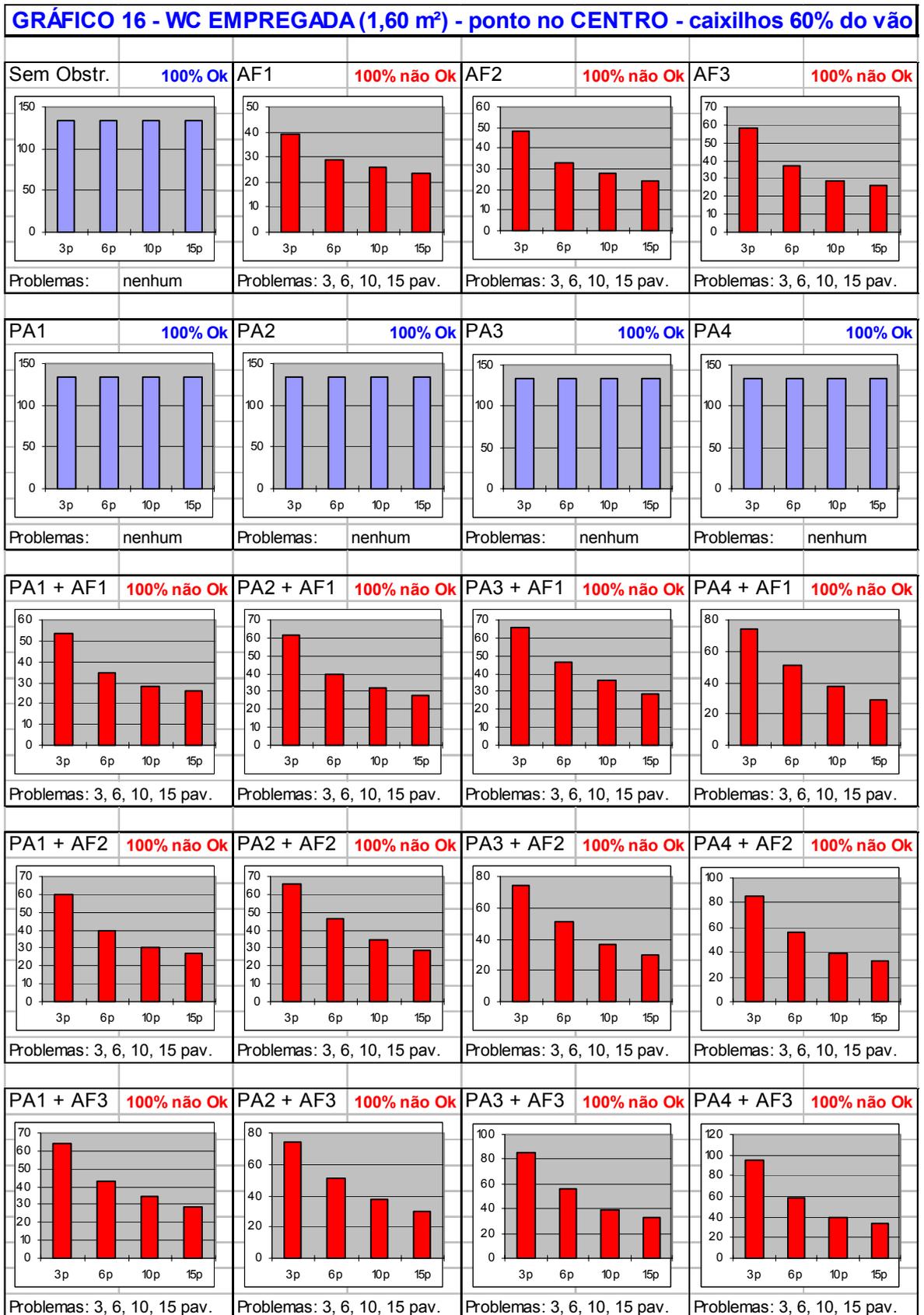


GRÁFICO 15 - ÁREA DE SERV. (4 m²) - ponto no CENTRO - caixilhos 60% do vão





GRÁFICOS 17 a 24: Gráficos com valores da iluminância máxima resultante (ponto a 50cm do vão de iluminação) nos compartimentos, utilizando-se os caixilhos ocupando 10% do vão de iluminação, proporção entre a área do vão de iluminação e a área do compartimento igual a 1/8.

GRÁFICO 17 - SALA (12 m²) - ponto a 50cm da janela - caixilhos 10% do vão

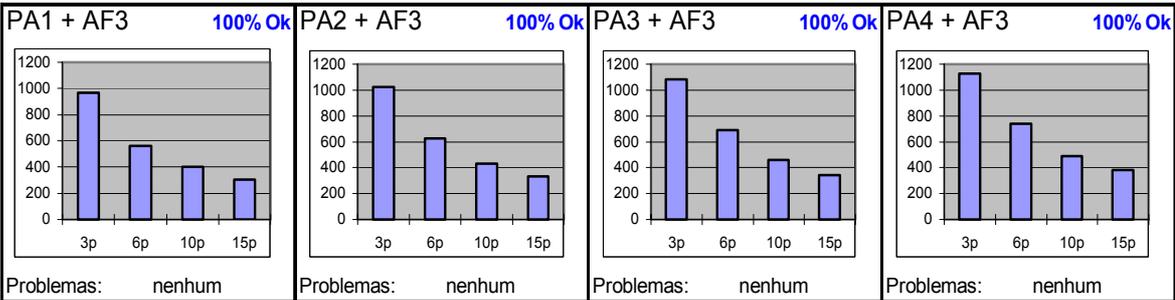
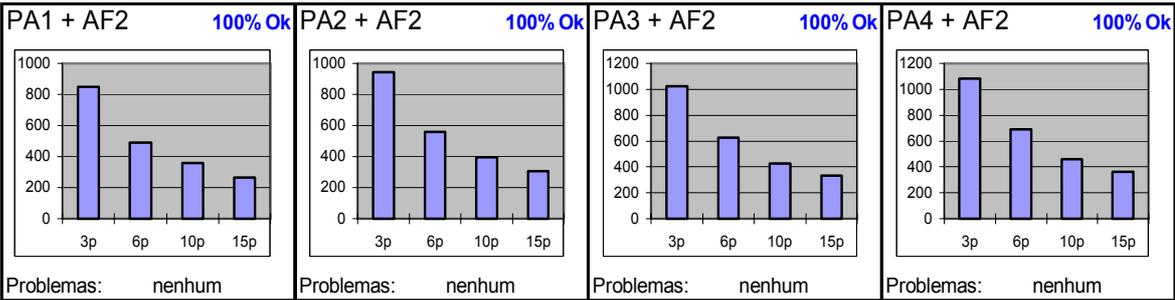
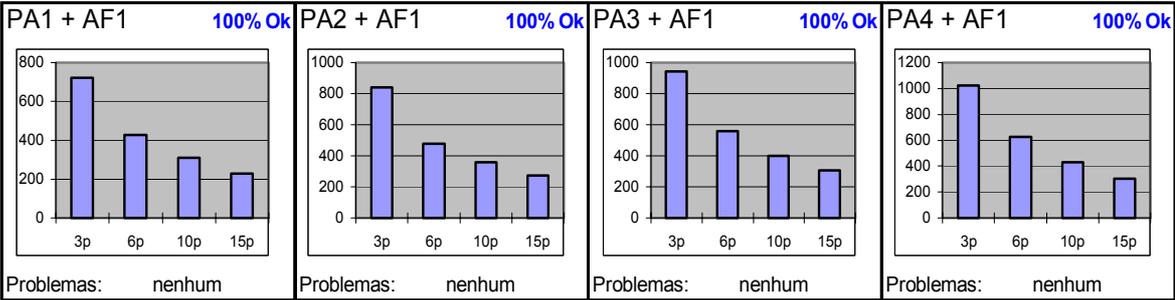
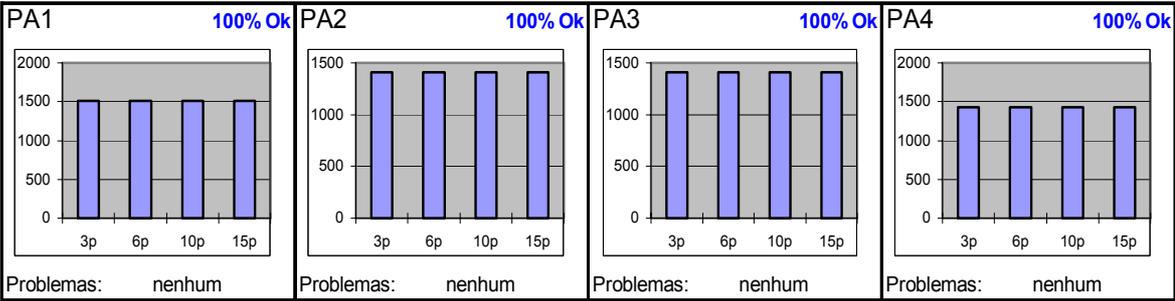
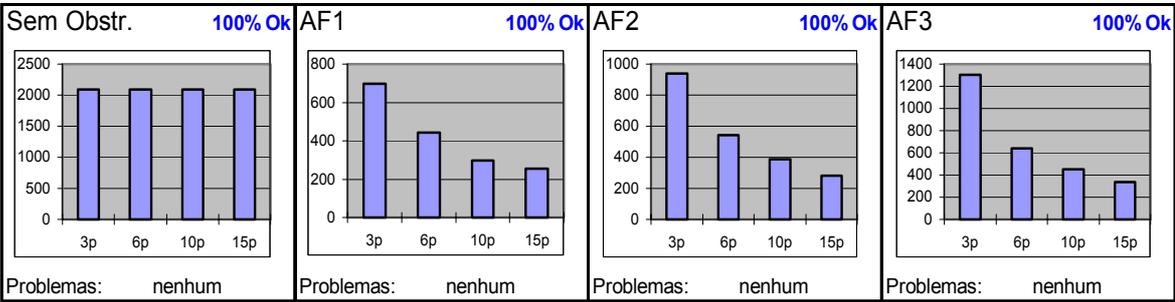


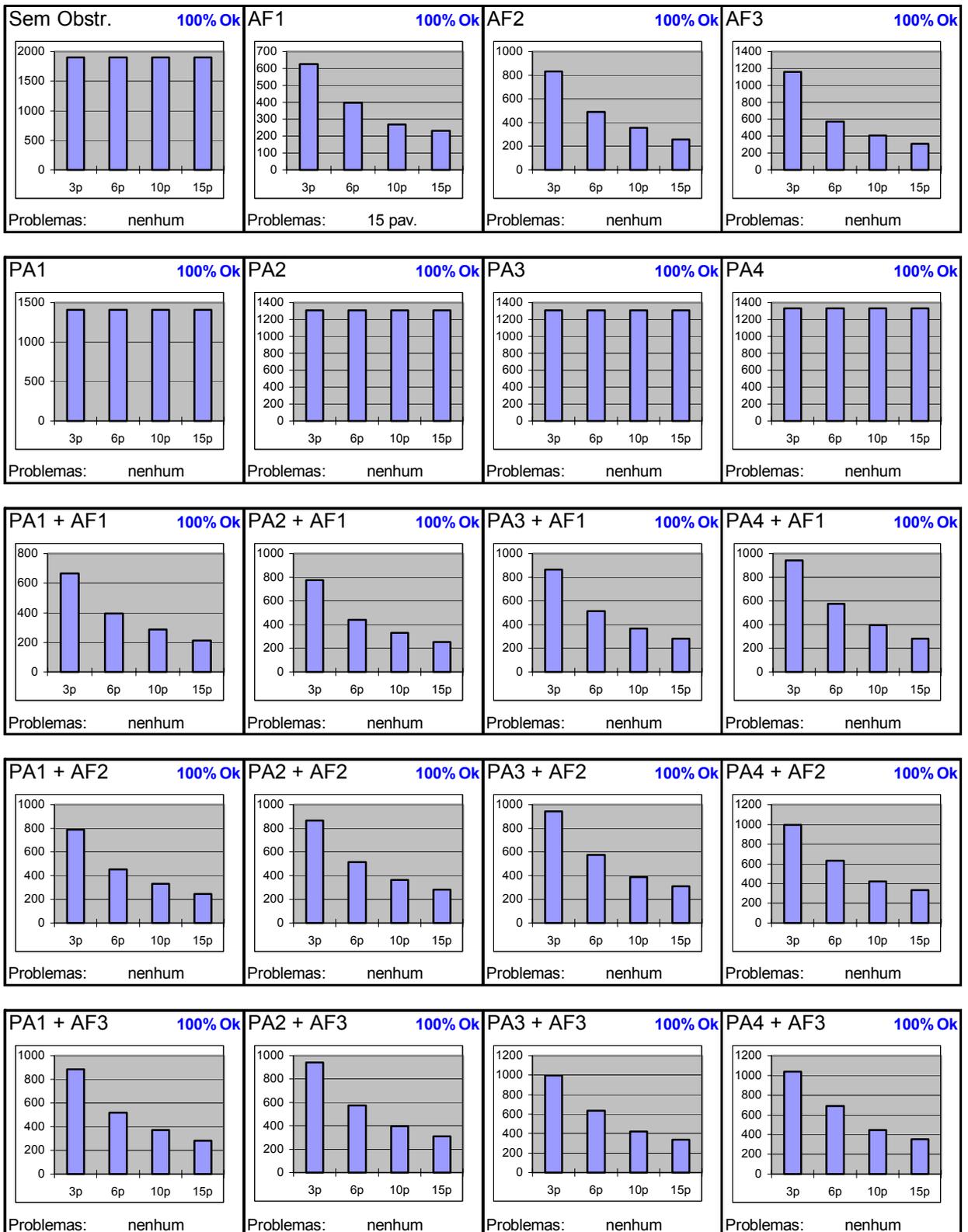
GRÁFICO 18 - QUARTO 1 (10m²) - ponto a 50cm da janela - caixilhos 10% do vão

GRÁFICO 19 - QUARTO 2 (9m²) - ponto a 50cm da janela - caixilhos 10% do vão

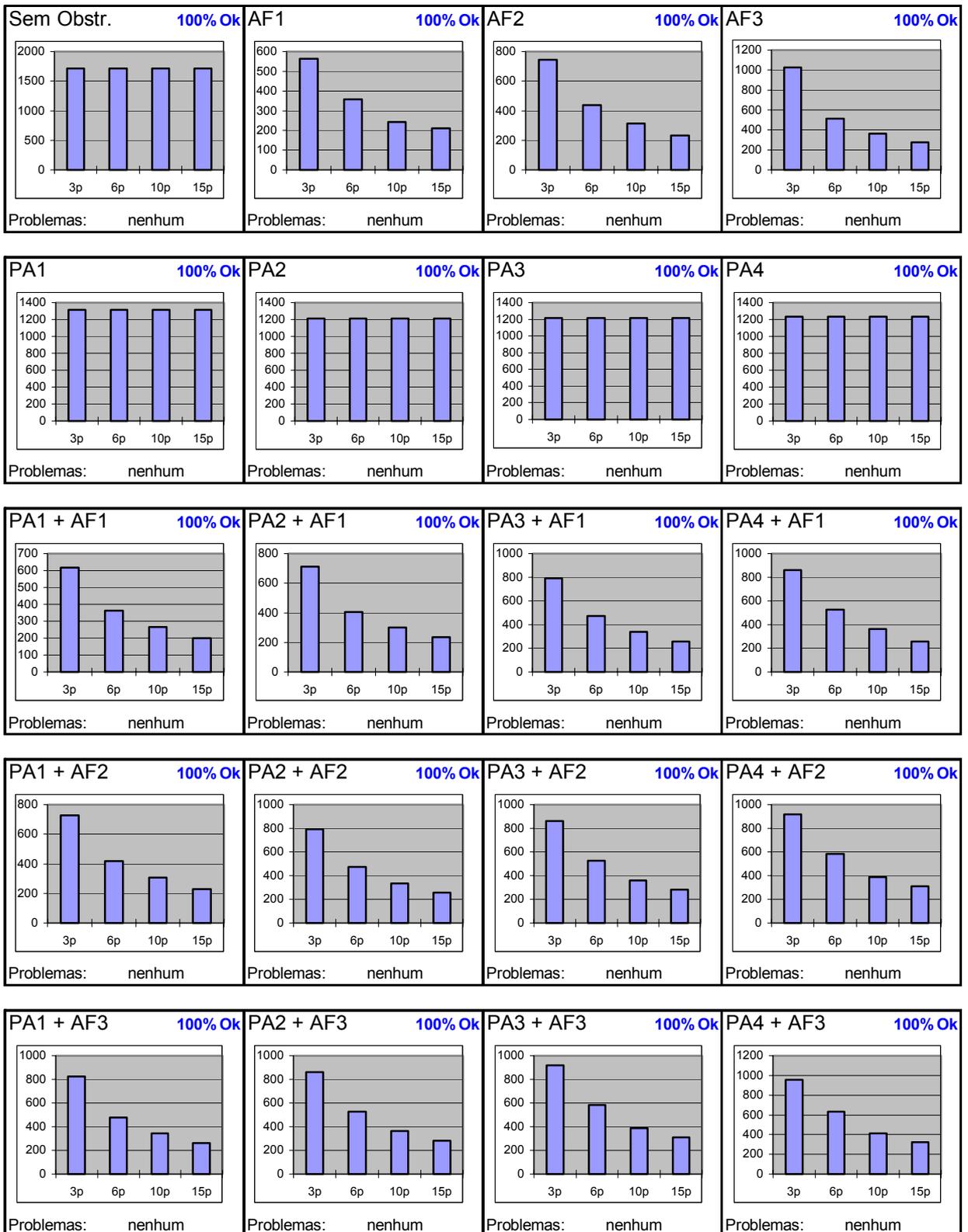


GRÁFICO 20 - QUARTO 3 (8m²) - ponto a 50cm da janela - caixilhos 10% do vão

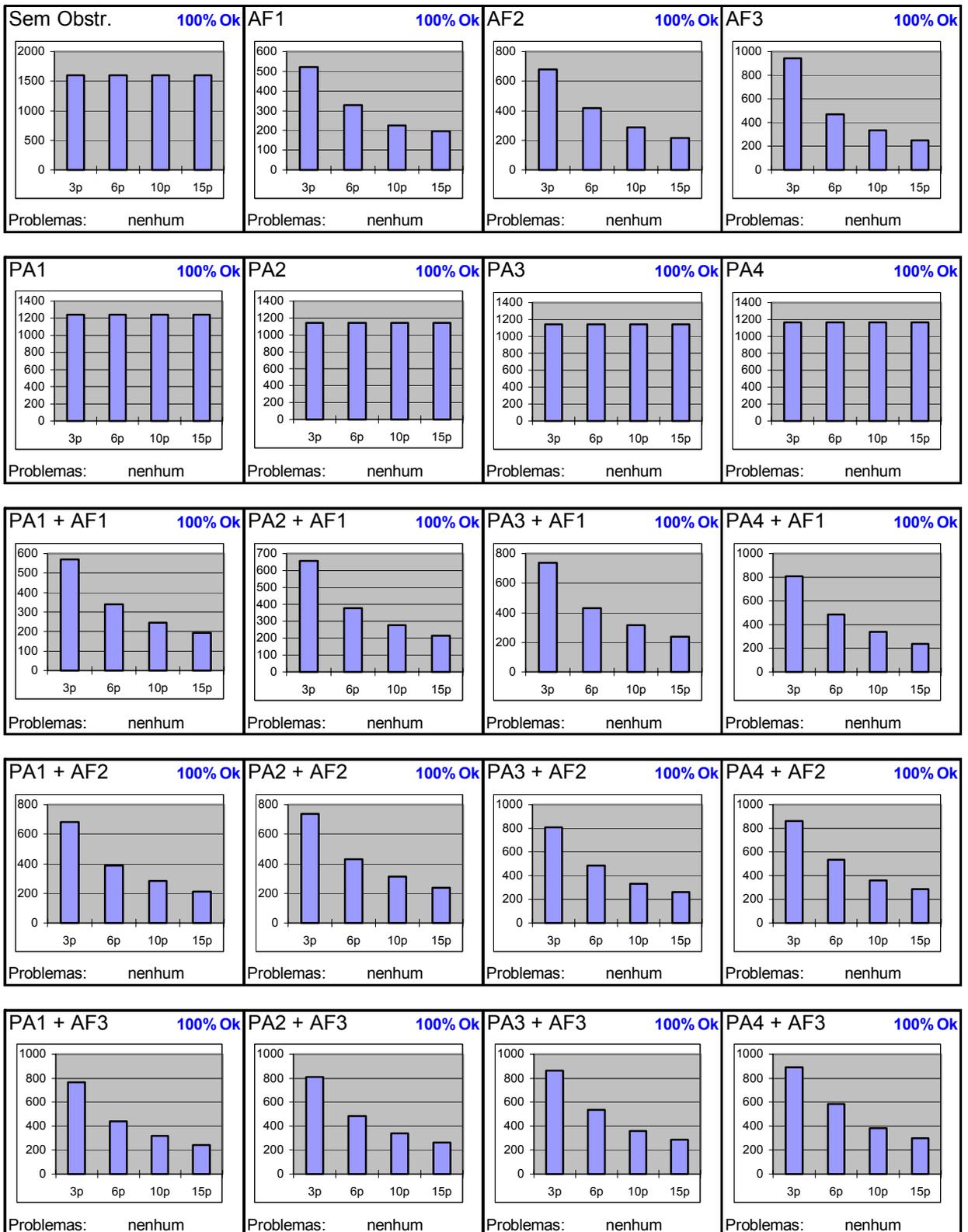


GRÁFICO 21 - Q.EMPREG. e COZ. (6m²) - a 50cm da janela - caixilhos 10% do vão

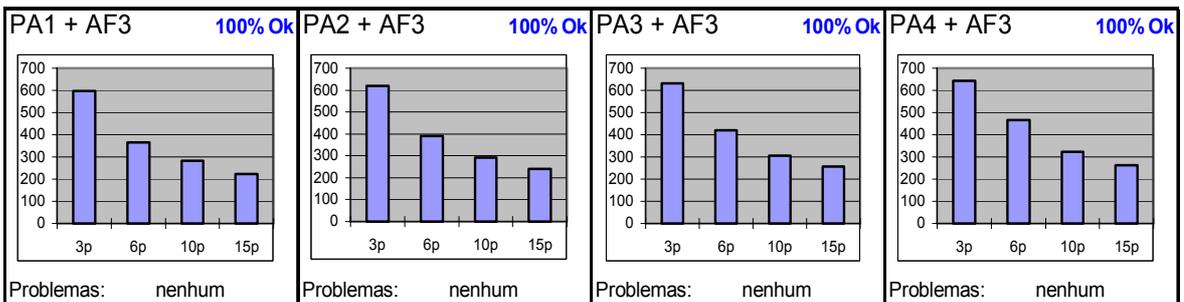
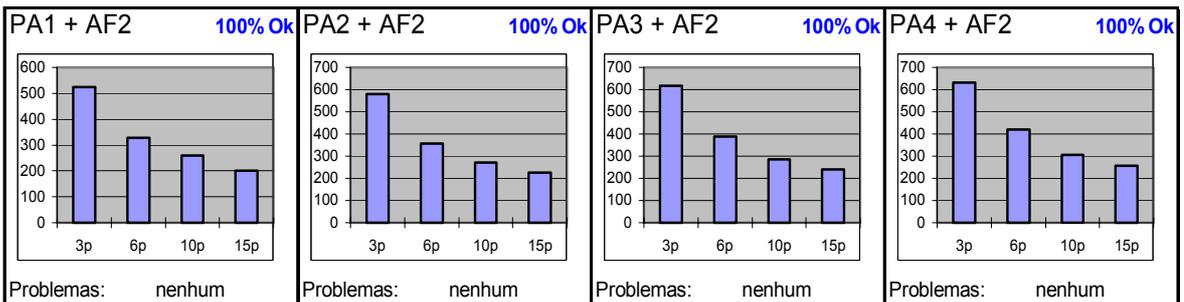
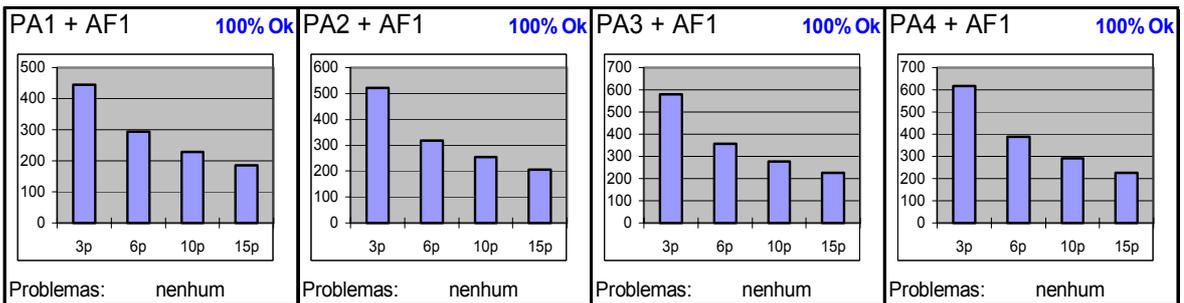
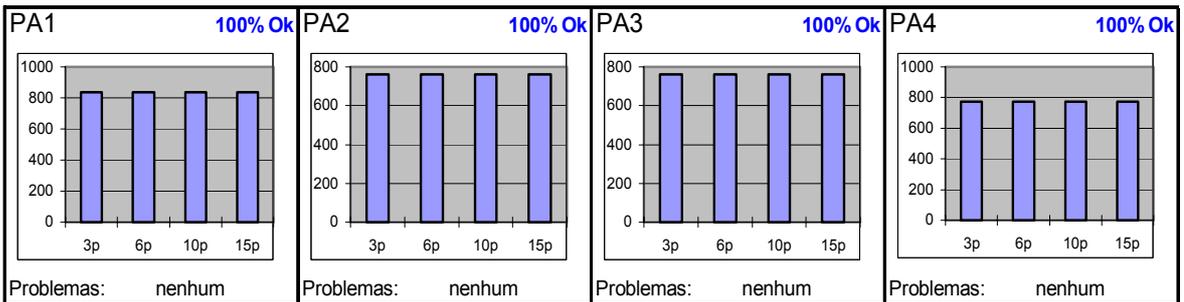
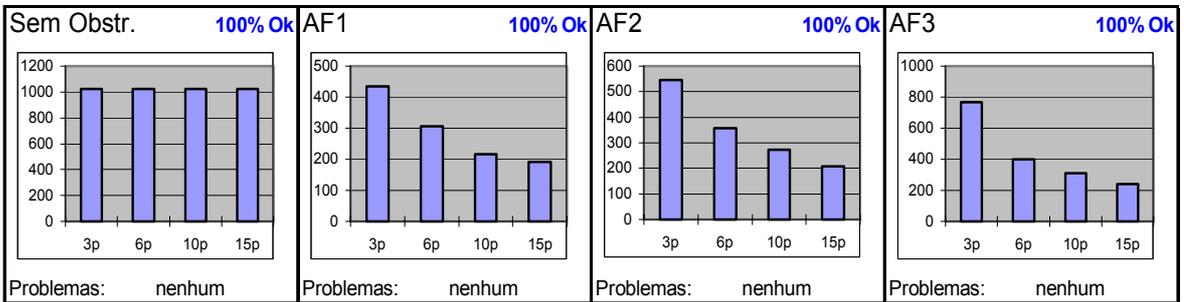


GRÁFICO 22 - COZ. + ÁREA SERV. (10 m²) - a 50cm da janela - caixilhos 10% do vão

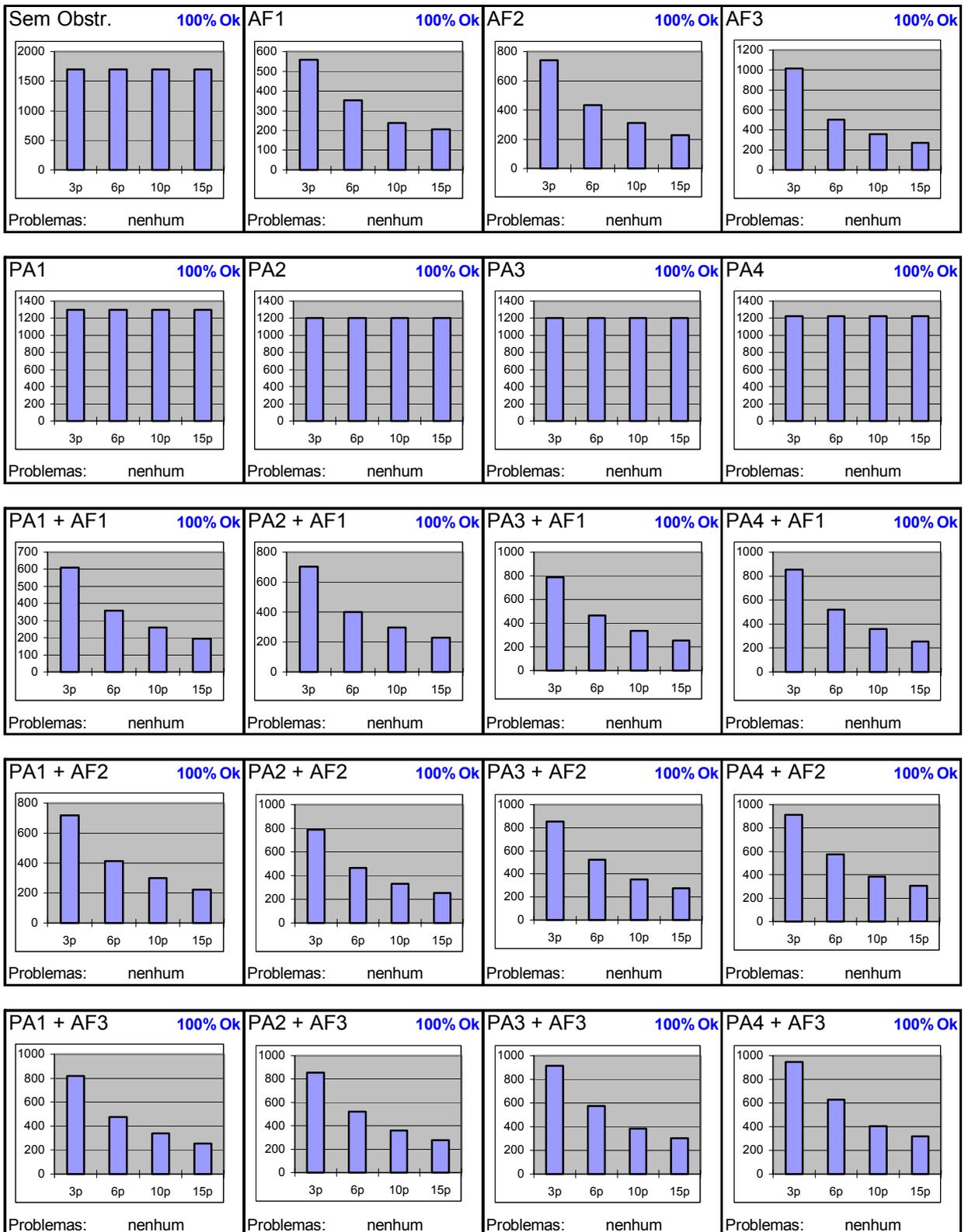


GRÁFICO 23 - ÁREA DE SERV. (4m²) - ponto a 50cm da janela - caixilhos 10% do vão

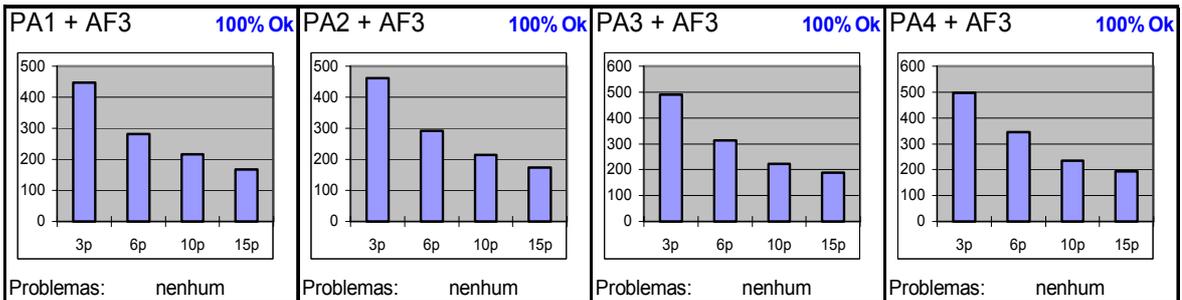
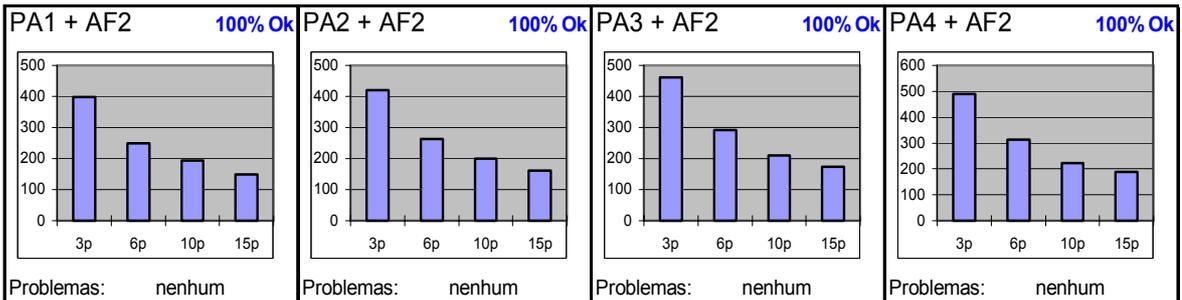
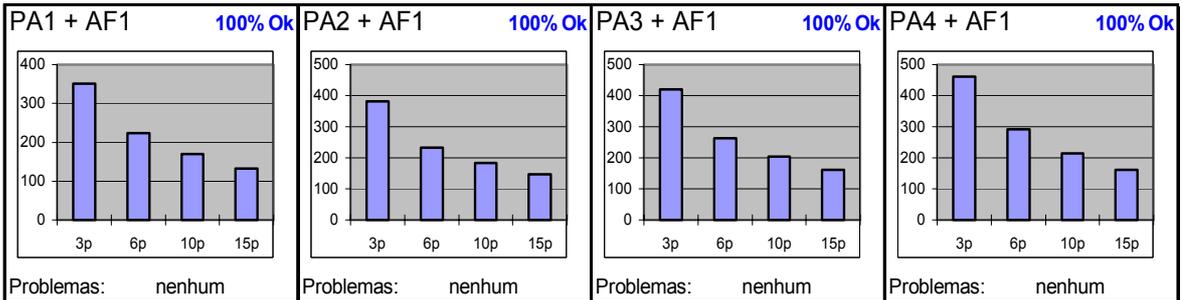
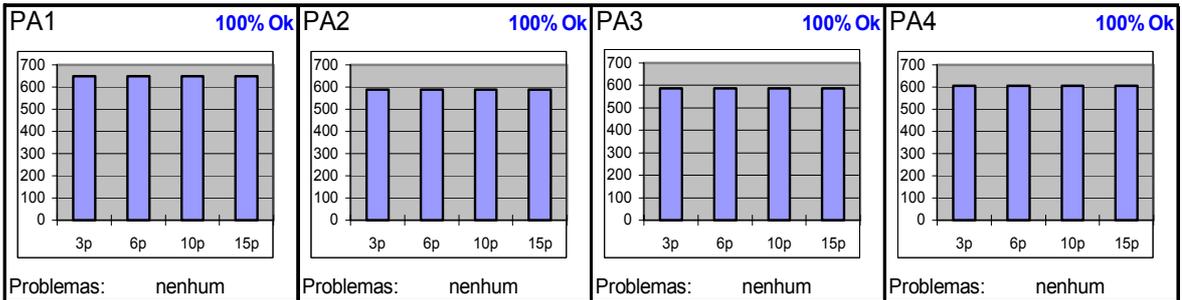
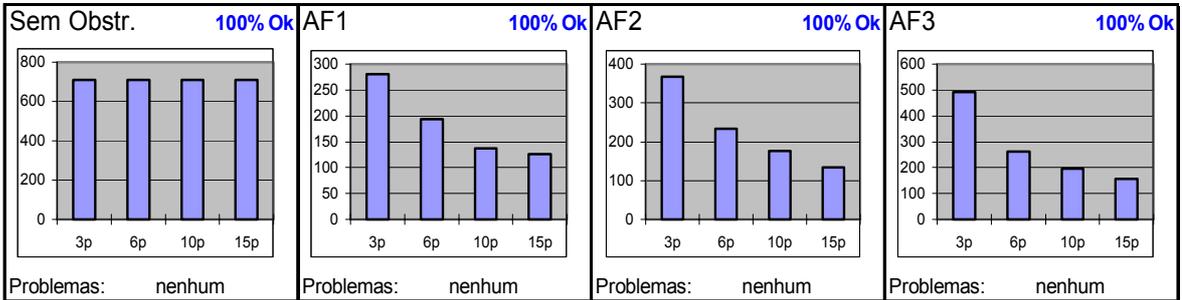
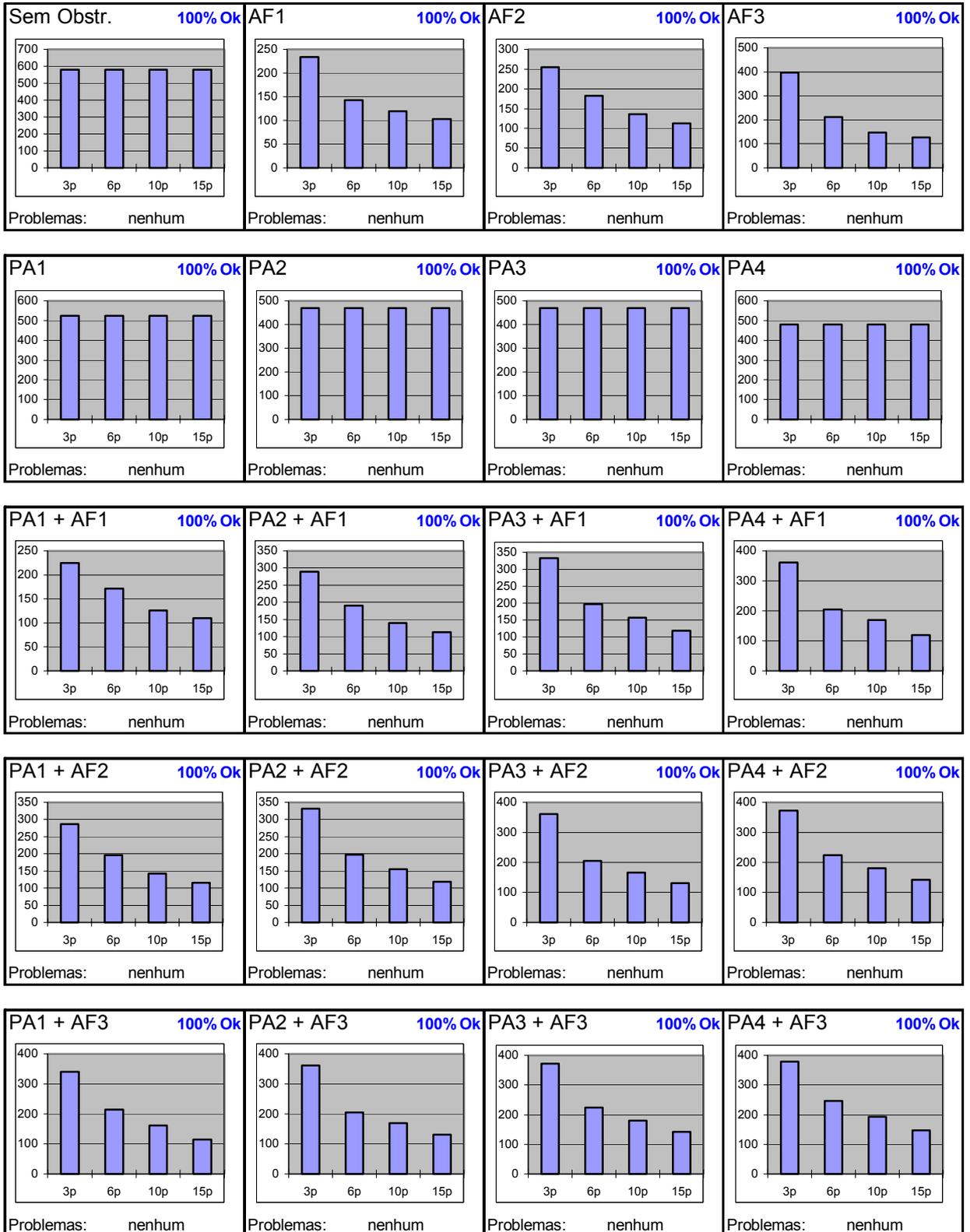


GRÁFICO 24 - WC SOCIAL (3,50 m²) - ponto a 50cm da janela - caixilhos 10% do vão



GRÁFICOS 25 a 32: Gráficos com valores da iluminância média resultante (ponto no centro do ambiente) nos compartimentos, utilizando-se os caixilhos ocupando 10% do vão de iluminação, proporção entre a área do vão de iluminação e a área do compartimento igual a 1/8.

GRÁFICO 25 - SALA (12 m²) - ponto no CENTRO - caixilhos 10% do vão

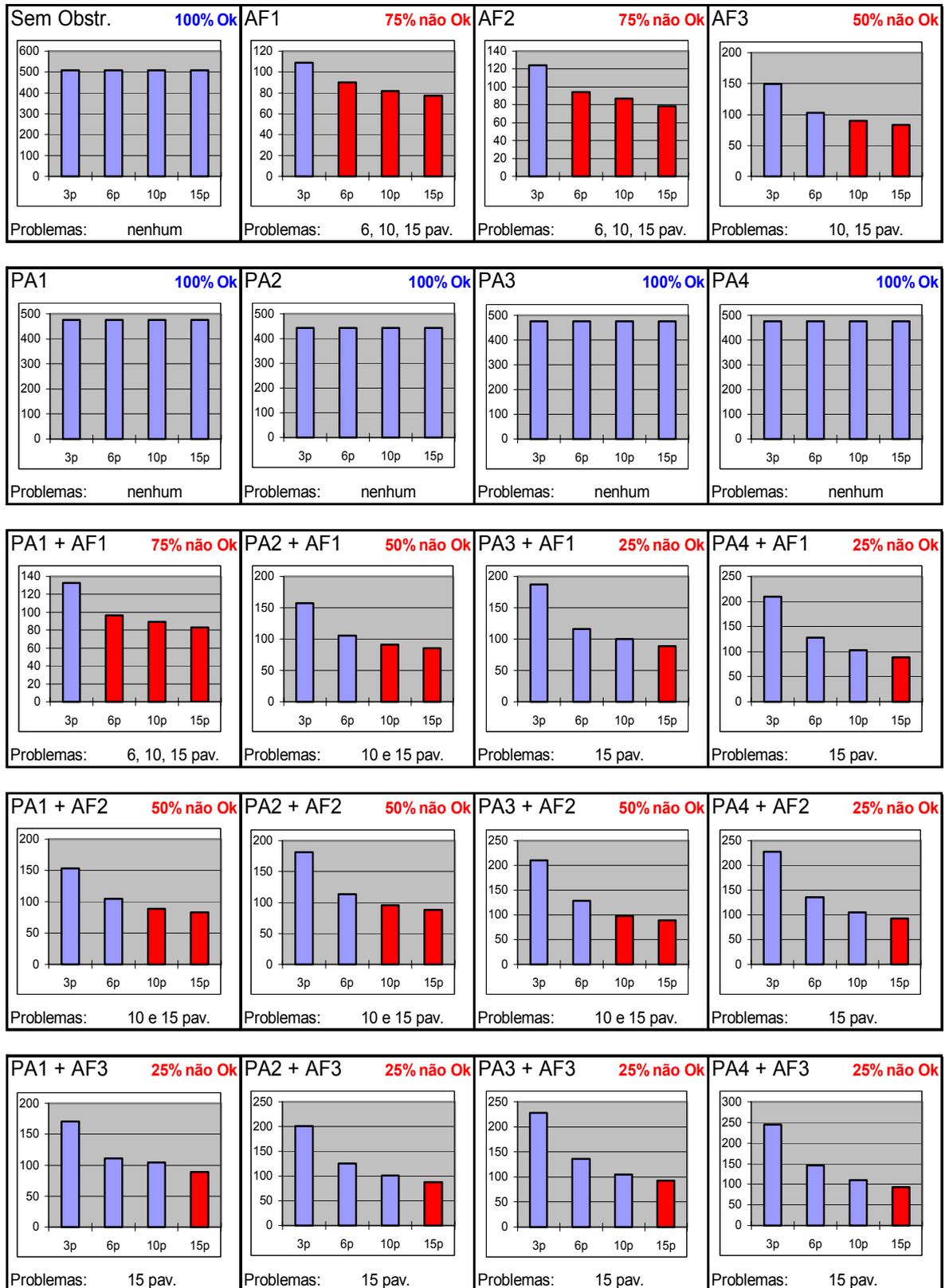


GRÁFICO 26 - QUARTO 1 (10 m²) - ponto no CENTRO - caixilhos 10% do vão

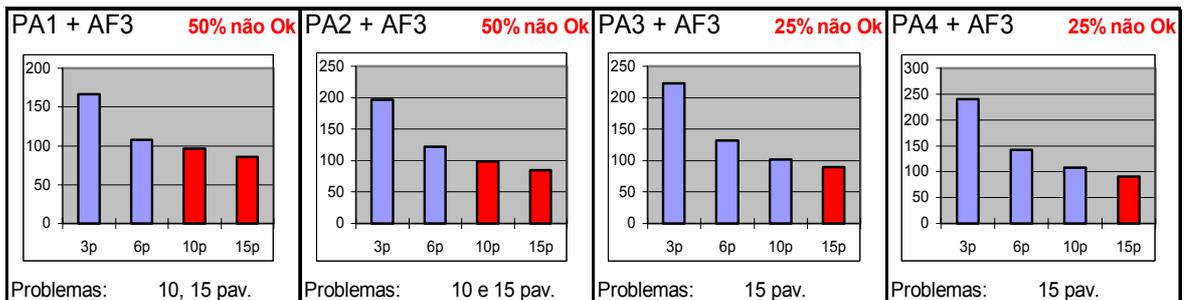
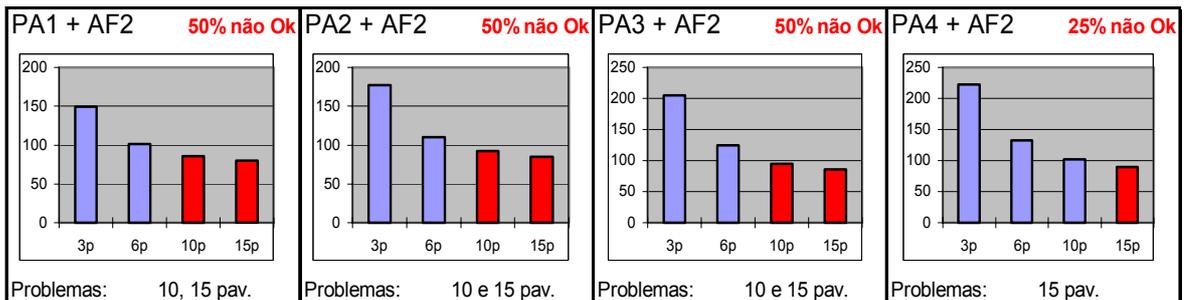
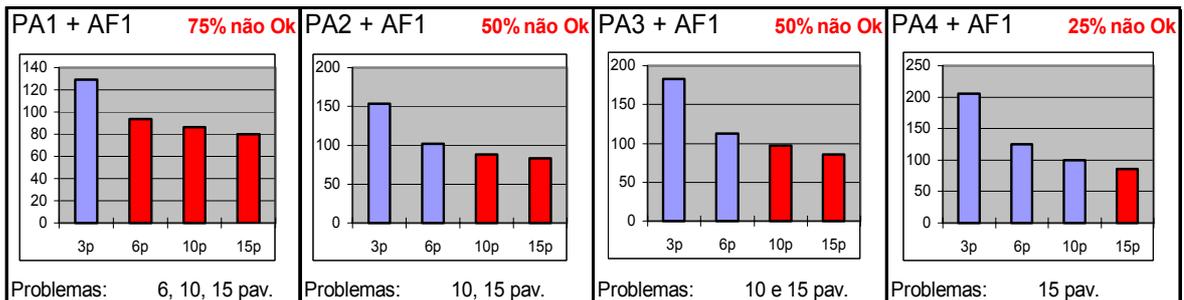
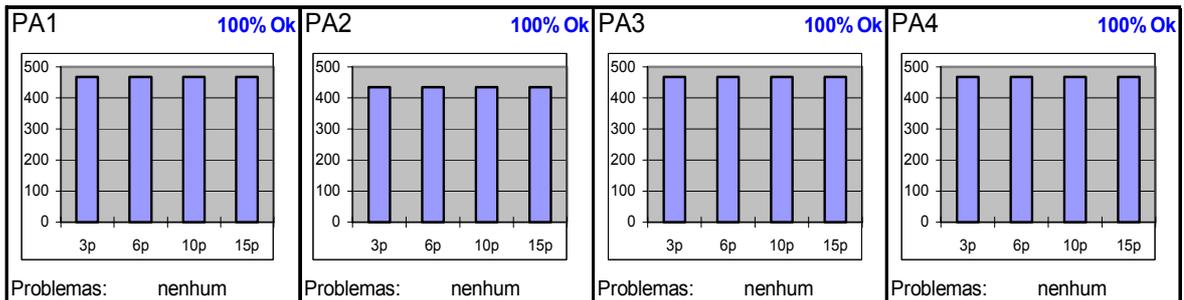
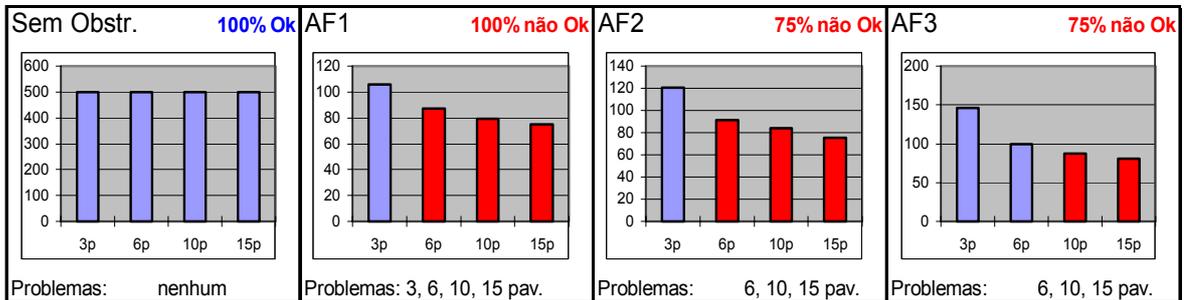


GRÁFICO 27 - QUARTO 2 (9 m²) - ponto no CENTRO - caixilhos 10% do vão

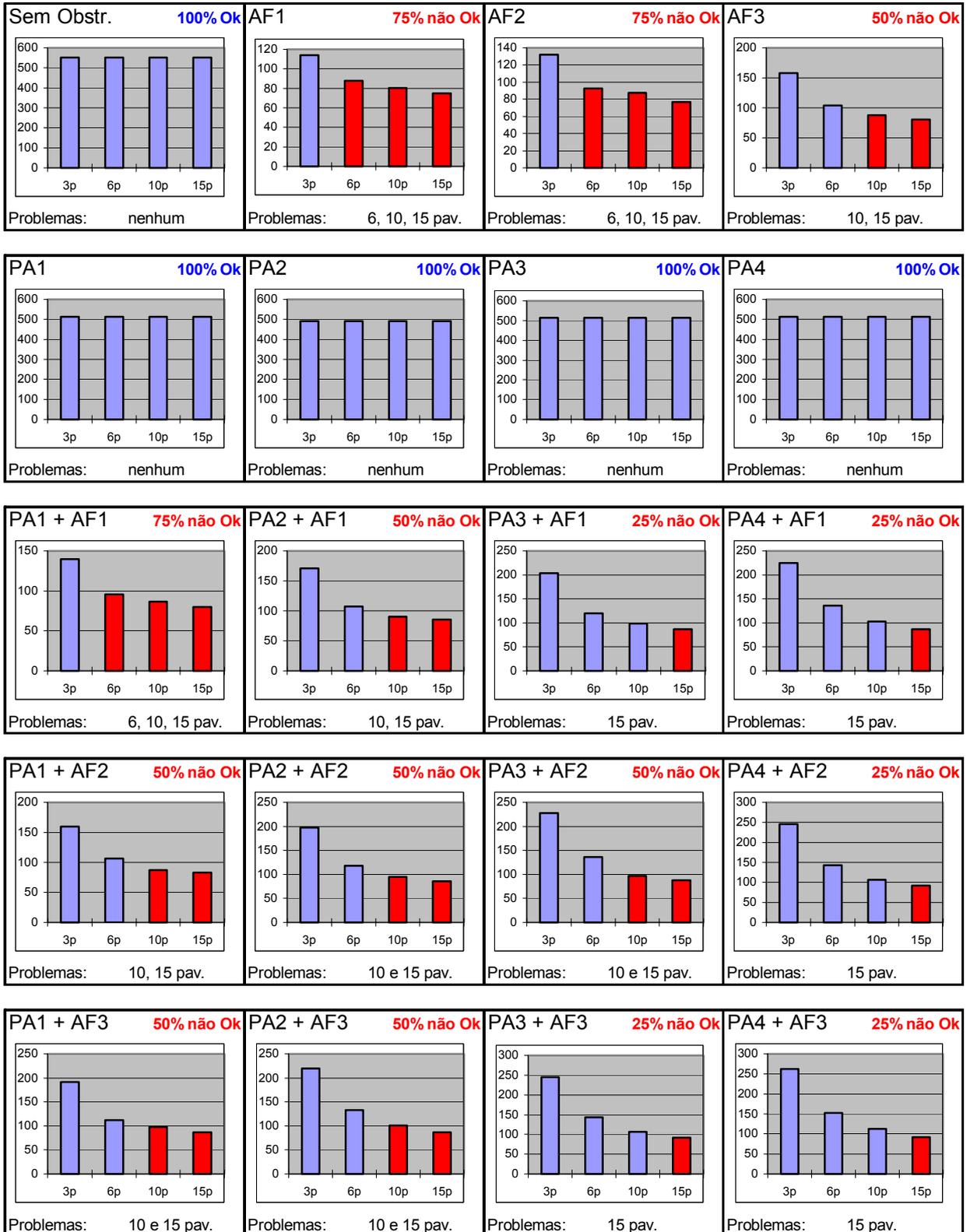


GRÁFICO 28 - QUARTO 3 (8 m²) - ponto no CENTRO - caixilhos 10% do vão

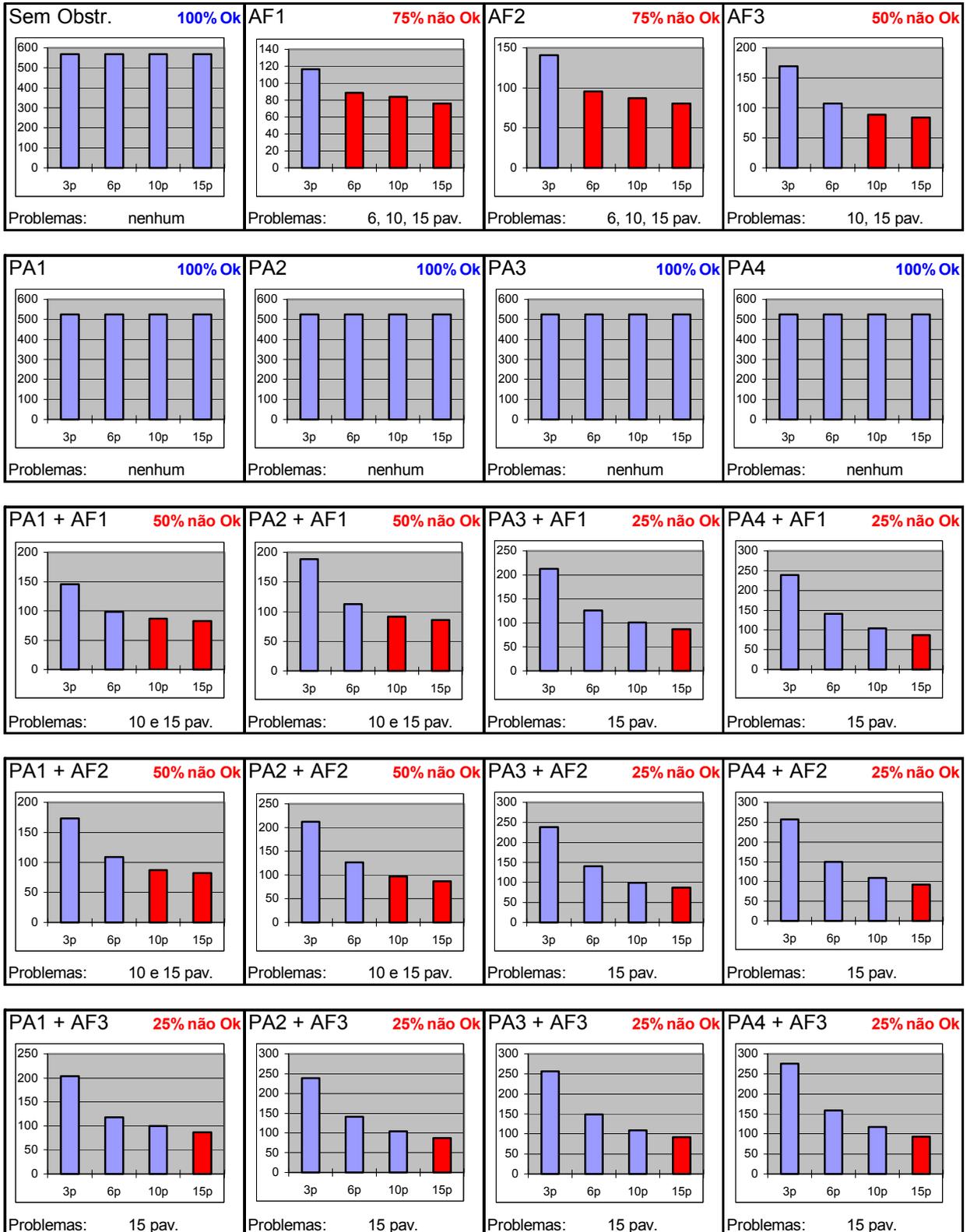


GRÁFICO 29 - Q.EMPREG. e COZ. (6 m²) - ponto no CENTRO - caixilhos 10% do vão

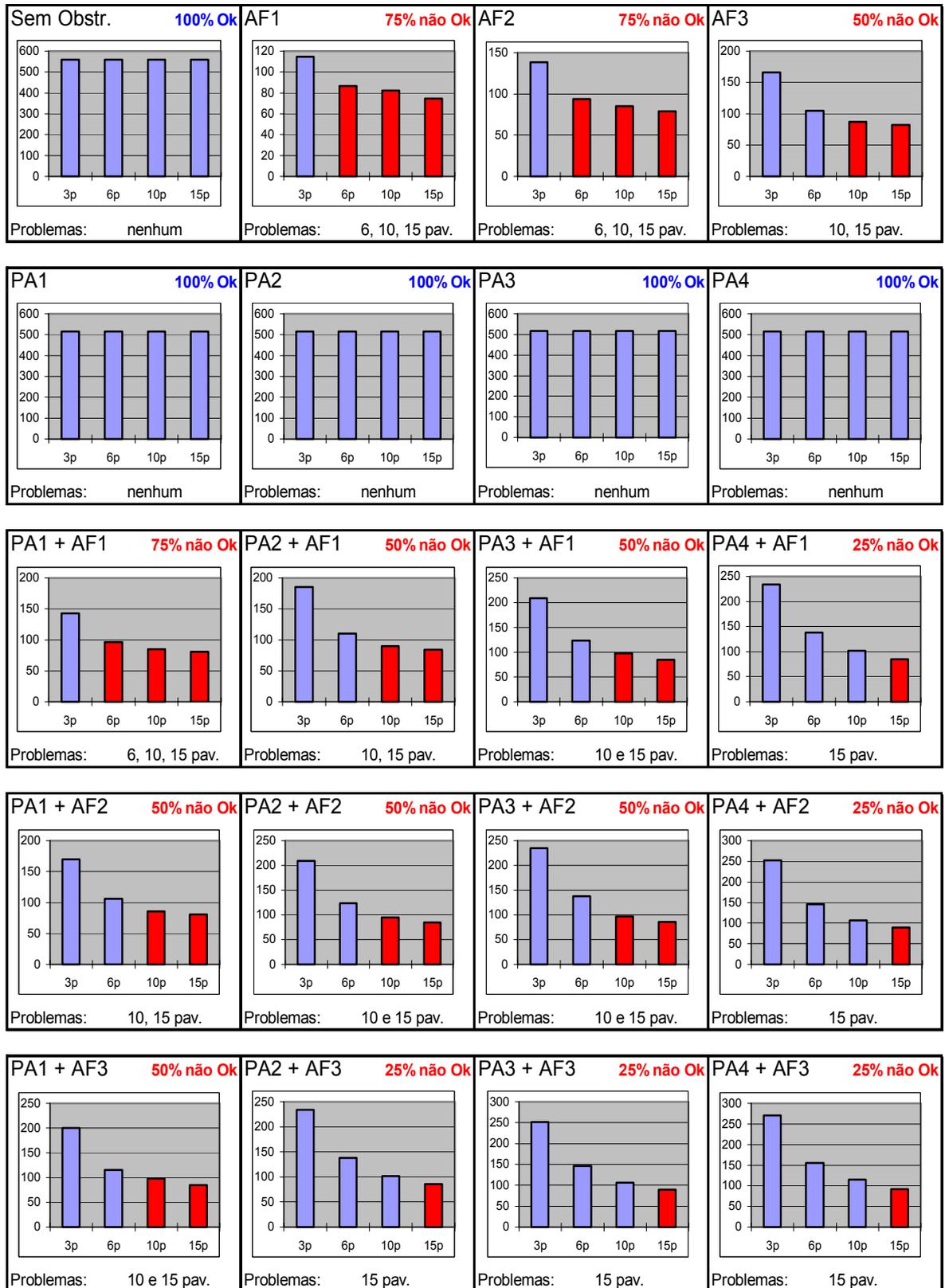


GRÁFICO 30 - COZ. + ÁREA SERV. (10 m²) - ponto no CENTRO - caixilhos 10% do vão

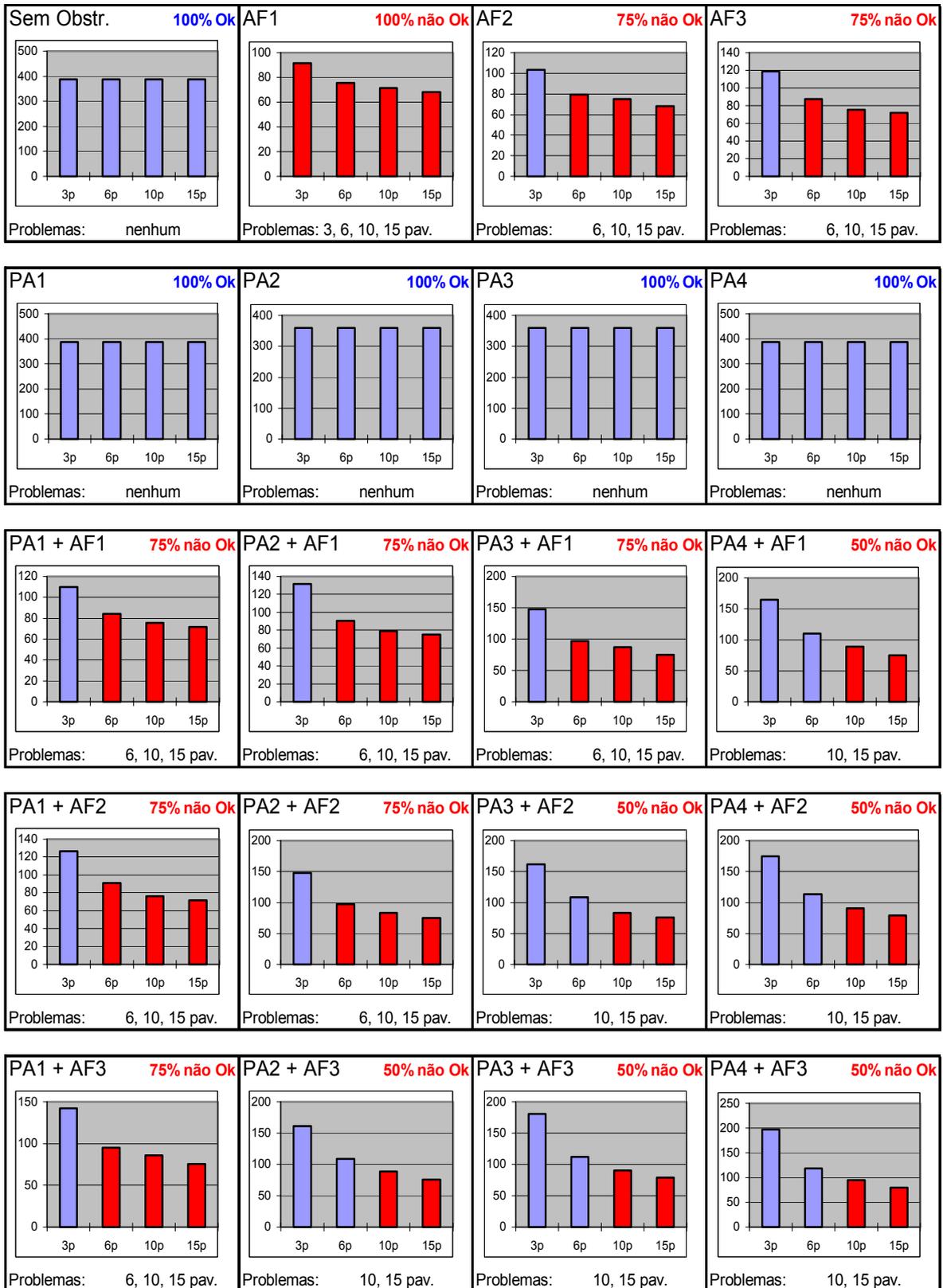


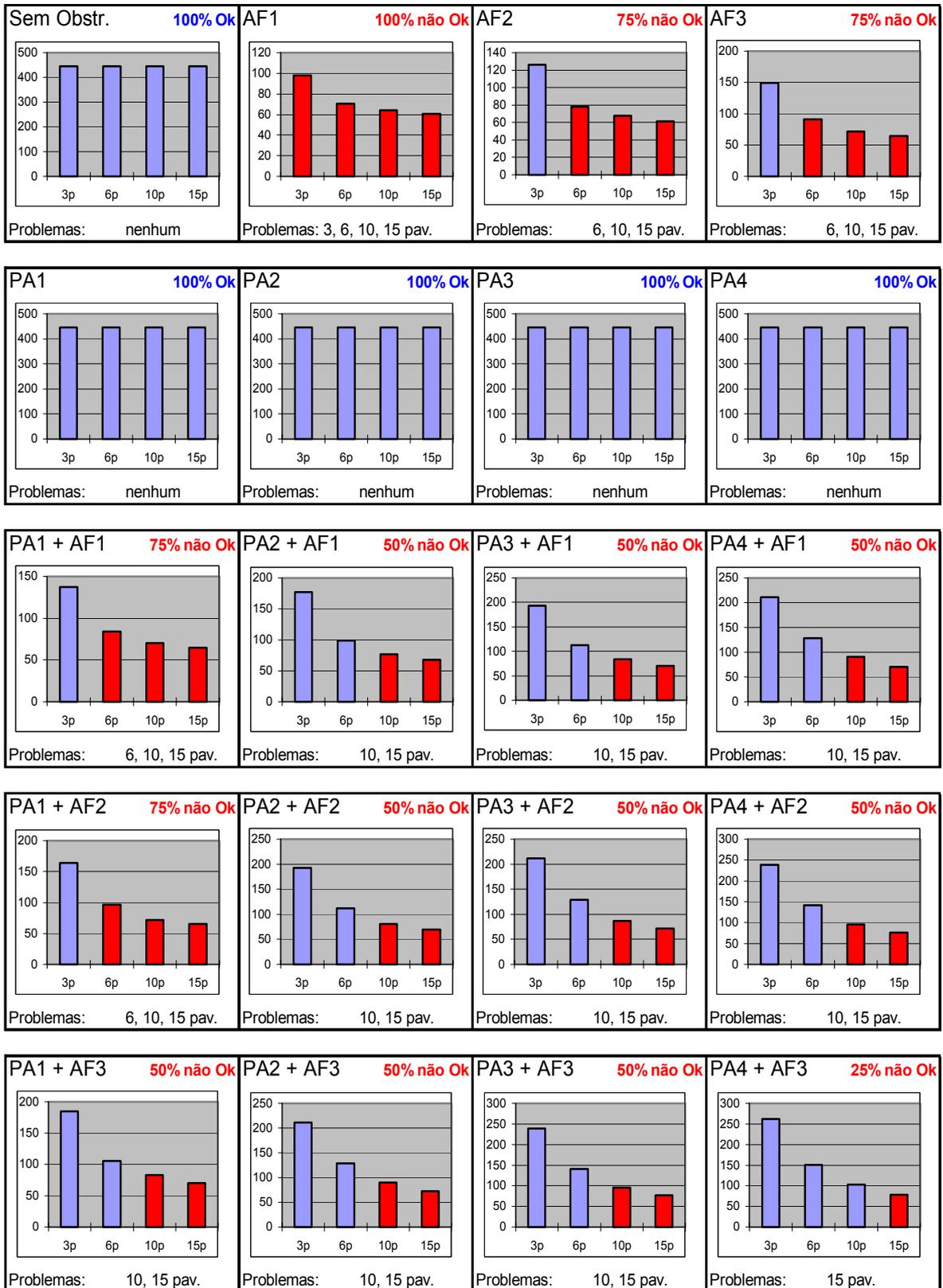
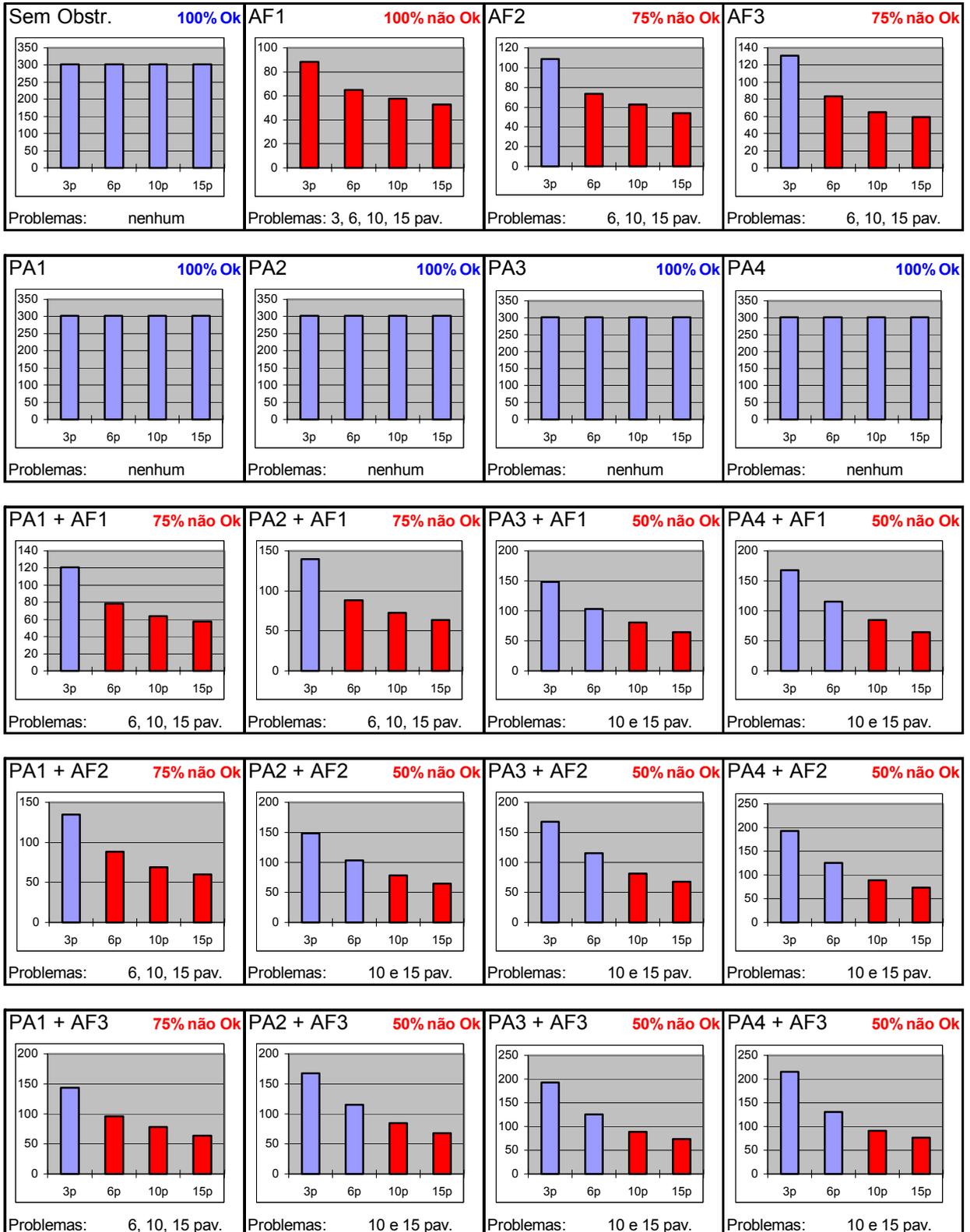
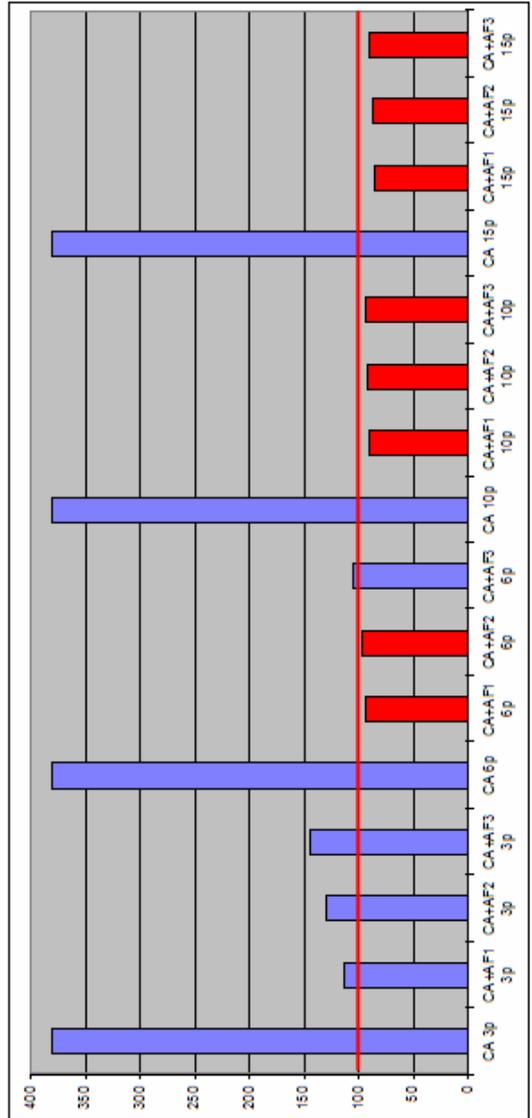
GRÁFICO 31 - ÁREA DE SERV. (4 m²) - ponto no CENTRO - caixilhos 10% do vão

GRÁFICO 32 - WC EMPREG. (1,60 m²) - ponto no CENTRO - caixilhos 10% do vão



PLANILHAS 1 a 4: Planilhas e gráficos com valores da iluminância média resultante (ponto no centro do ambiente) nos compartimentos + cachimbo (1,50 x 3,00m), utilizando-se os caixilhos ocupando 10% do vão de iluminação, proporção entre a área do vão de iluminação e a área do compartimento somada à área do cachimbo igual a 1/8.

SALA (12m²) + CACHIMBO (1,5 X 3,0m): Resultados dos cálculos da iluminação natural - ponto no CENTRO do ambiente - 1/8 da área															
Tipo de Obstrução	Número de pontos para cada tipo de reflexão										CI (%)	IMG (lux)			
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9			10		
Edificação com 3 Pavimentos															
CA 3p	4											39	0,2916	2,2458781	380,62171
CA+AF1 3p	0	0	0	0	1	3						9	0,0113906	0,7473089	113,80508
CA+AF2 3p	0	0	0	1	1	2						11	0,018225	0,8472145	129,81592
CA+AF3 3p	0	0	0	1	1	2						13	0,018225	0,947119	144,8016
Edificação com 6 Pavimentos															
CA 6p	4											39	0,2916	2,2458781	380,62171
CA+AF1 6p	0	0	0	0	0	0	4					6,5	0,0022781	0,6224292	93,706103
CA+AF2 6p	0	0	0	0	0	0	4					7	0,0045563	0,6474054	97,794242
CA+AF3 6p	0	0	0	0	0	0	4					8	0,0091125	0,6873576	105,97052
Edificação com 10 Pavimentos															
CA 10p	4											39	0,2916	2,2458781	380,62171
CA+AF1 10p	0	0	0	0	0	0	0	4				6	0,0005685	0,5974531	89,703394
CA+AF2 10p	0	0	0	0	0	0	0	4				6,25	0,0011391	0,6099412	91,662034
CA+AF3 10p	0	0	0	0	0	0	0	4				6,5	0,0022781	0,6224292	93,706103
Edificação com 15 Pavimentos															
CA 15p	4											39	0,2916	2,2458781	380,62171
CA+AF1 15p	0	0	0	0	0	0	0	0	4			5,5	0,0002848	0,572477	85,914259
CA+AF2 15p	0	0	0	0	0	0	0	0	4			5,75	0,0005685	0,584965	87,830184
CA+AF3 15p	0	0	0	0	0	0	0	0	4			6	0,0011391	0,5974531	89,768824
> Aclaramento da Abóbada Celeste (lux): 15000															
Observação: Área do vão de iluminação seguindo a proporção de 1/8 da área (ambiente + cachimbo)															
RDV:	0,81	> Coeficiente de Reflexão													
Caixilhos(%):	10	Obstr. (coef. refl.):	0,5												
RDV e Caix.:	0,729	Piso (coef. refl.):	0,4												
Largura amb.:	2,85	Parede (coef. refl.):	0,85												
Compr. amb.:	4,21	Teto (coef. refl.):	0,85												
Pê-direito:	2,85	Caixilhos (c. refl.):	0,65												
Largura Cach.:	1,5	Vidros (coef. refl.):	0,1												
Profund. Cach.:	3	A. (Área Superfícies):	90,339												
Base vão ilum.:	1,25	R. (reflect. média):	0,7506941												
Altura vão ilum.:	1,65	R fw (ref. média piso):	0,7130299												
Parapeito:	1,2	Row (ref. média teto):	0,85												



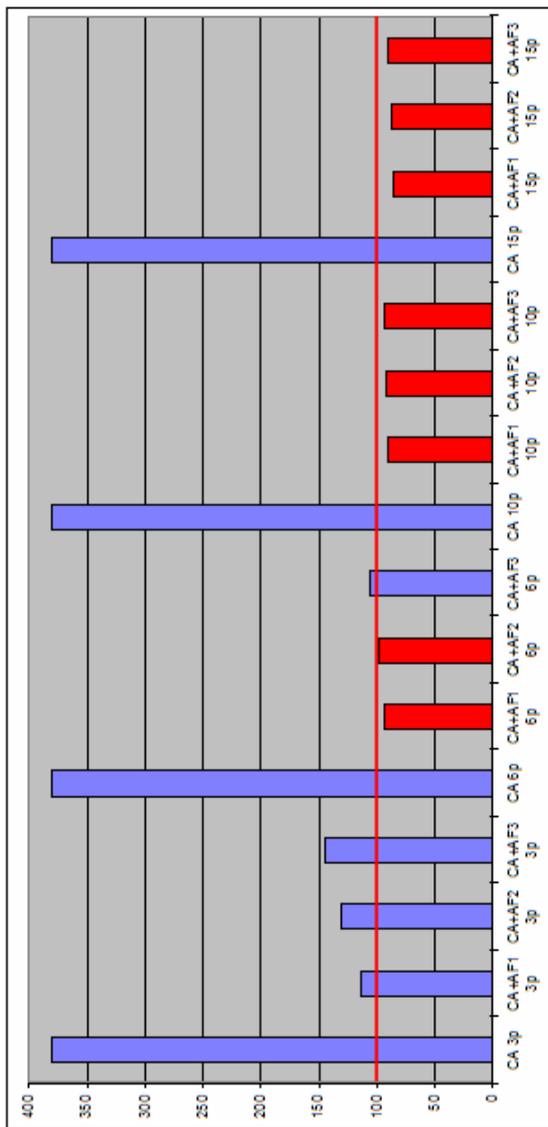
QUARTO 1 (10m²) + CACHIMBO (1,5 X 3,0m): Resultados dos cálculos da iluminação natural - ponto no CENTRO do ambiente - 1/8 da área

Tipo de Obstrução	Número de pontos para cada tipo de reflexão										CI (%)	C-C+CR (%)	Função C	IMI/G (lux)		
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9					10	
Edificação com 3 Pavimentos																
CA 3p	4												39	0,2916	2,2608061	382,86091
CA+AF1 3p	0	0	0	0	1	3							9	0,0113906	0,7554682	115,02883
CA+AF2 3p	0	0	0	1	1	2							11	0,0182225	0,8558241	131,10736
CA+AF3 3p	0	0	0	1	1	2							13	0,0182225	0,9561799	146,16074
Edificação com 6 Pavimentos																
CA 6p	4												39	0,2916	2,2608061	382,86091
CA+AF1 6p	0	0	0	0	0	0	4						6,5	0,0022781	0,6300234	94,84523
CA+AF2 6p	0	0	0	0	0	4							7	0,0045563	0,6551124	98,950293
CA+AF3 6p	0	0	0	0	0	4							8	0,0091125	0,7052903	107,16042
Edificação com 10 Pavimentos																
CA 10p	4												39	0,2916	2,2608061	382,86091
CA+AF1 10p	0	0	0	0	0	0	0	0	4				6	0,0005695	0,6049344	90,825596
CA+AF2 10p	0	0	0	0	0	0	0	0	4				6,25	0,0011391	0,6174789	92,792698
CA+AF3 10p	0	0	0	0	0	0	0	4					6,5	0,0022781	0,6300234	94,84523
Edificação com 15 Pavimentos																
CA 15p	4												39	0,2916	2,2608061	382,86091
CA+AF1 15p	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4			5,5	0,0002848	0,5798455	87,019537
CA+AF2 15p	0	0	0	0	0	0	0	0	4				5,75	0,0005695	0,59239	88,943924
CA+AF3 15p	0	0	0	0	0	0	0	0	4				6	0,0011391	0,6049344	90,911026

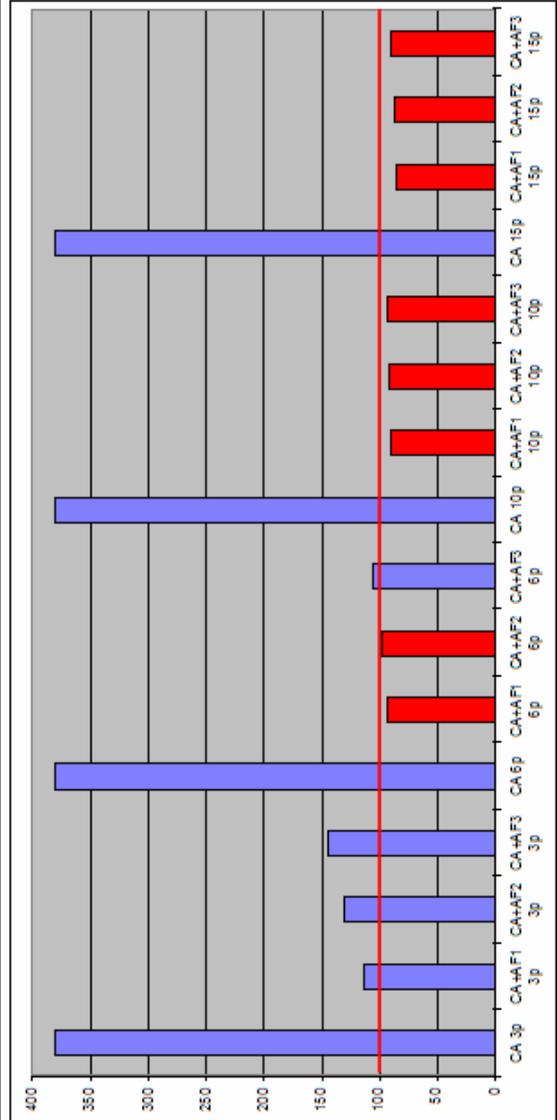
> Adaramento da Abóbada Celeste (lux): 15000

Observação: Área do vão de iluminação seguindo a proporção de 1/8 da área (ambiente + cachimbo)

RDV:	0,81	>Coeficiente de Reflexão
Caxilhos(%):	10	Obstr. (coef. refl.): 0,5
RDV e Caixa:	0,729	Piso (coef. refl.): 0,4
Largura amb.:	2,4	Parede (coef. refl.): 0,85
C. ompr. amb.:	4,17	Teto (coef. refl.): 0,85
Pé-direito:	2,5	Caxilhos (c. refl.): 0,65
Largura Cach.:	1,5	Vidros (coef. refl.): 0,1
Profund. Cach.:	3	A (Área Superfícies): 76,866
Base vão ilum.:	1,1	R (reflect. média): 0,7473558
Altura vão ilum.:	1,65	R.fw(ref. média piso): 0,701808
Parapeito:	0,85	R.cw(ref. média teto): 0,85



QUARTO 2 (9m²) + CACHIMBO (1,5 X 3,0m): Resultados dos cálculos da iluminação natural - ponto no CENTRO do ambiente - 1/8 da área														
Tipo de Obstrução	Número de pontos para cada tipo de reflexão										IMI/G (lux)			
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		10		
Edificação com 3 Pavimentos														
CA 3p	4										39	0,2916	2,1823585	371,09377
CA+AF1 3p	0	0	0	0	1	3					9	0,0113906	0,7237294	110,26801
CA+AF2 3p	0	0	0	1	1	2					11	0,0182225	0,8209714	125,87945
CA+AF3 3p	0	0	0	1	1	2					13	0,0182225	0,9182133	140,46574
Edificação com 6 Pavimentos														
CA 6p	4										39	0,2916	2,1823585	371,09377
CA+AF1 6p	0	0	0	0	0	0	4				6,5	0,0022781	0,602177	90,668269
CA+AF2 6p	0	0	0	0	0	4					7	0,0045563	0,6264875	94,65666
CA+AF3 6p	0	0	0	0	0	4					8	0,0091125	0,6751085	102,63314
Edificação com 10 Pavimentos														
CA 10p	4										39	0,2916	2,1823585	371,09377
CA+AF1 10p	0	0	0	0	0	0	0	4			6	0,0005695	0,5778665	86,765407
CA+AF2 10p	0	0	0	0	0	0	0	4			6,25	0,0011391	0,5900218	88,674123
CA+AF3 10p	0	0	0	0	0	0	0	4			6,5	0,0022781	0,602177	90,668269
Edificação com 15 Pavimentos														
CA 15p	4										39	0,2916	2,1823585	371,09377
CA+AF1 15p	0	0	0	0	0	0	0	0	4		5,5	0,0002848	0,553556	83,076119
CA+AF2 15p	0	0	0	0	0	0	0	0	4		5,75	0,0005695	0,5657113	84,942121
CA+AF3 15p	0	0	0	0	0	0	0	0	4		6	0,0011391	0,5778665	86,850837
> Adaramento da Abóbada Celeste (lux): 15000														
Observação: Área do vão de iluminação seguindo a proporção de 1/8 da área (ambiente + cachimbo)														
RDV:	0,81	> Coeficiente de Reflexão												
Caxilhos(%):	10	Obstr. (coef. refl.):	0,5											
RDV e Caixa:	0,729	Piso (coef. refl.):	0,4											
Largura amb.:	2,4	Parede (coef. refl.):	0,85											
C. ompr. amb.:	3,75	Teto (coef. refl.):	0,85											
Pé-direito:	2,85	Caxilhos (c. refl.):	0,65											
Largura Cach.:	1,5	Vidros (coef. refl.):	0,1											
Profund. Cach.:	3	A (Área Superfícies):	79,155											
Base vão ilum.:	1,025	R (reflect. média):	0,7572271											
Altura vão ilum.:	1,65	R.fw(ref. média piso):	0,7221591											
Parapeito:	1,2	R.cw(ref. média teto):	0,85											



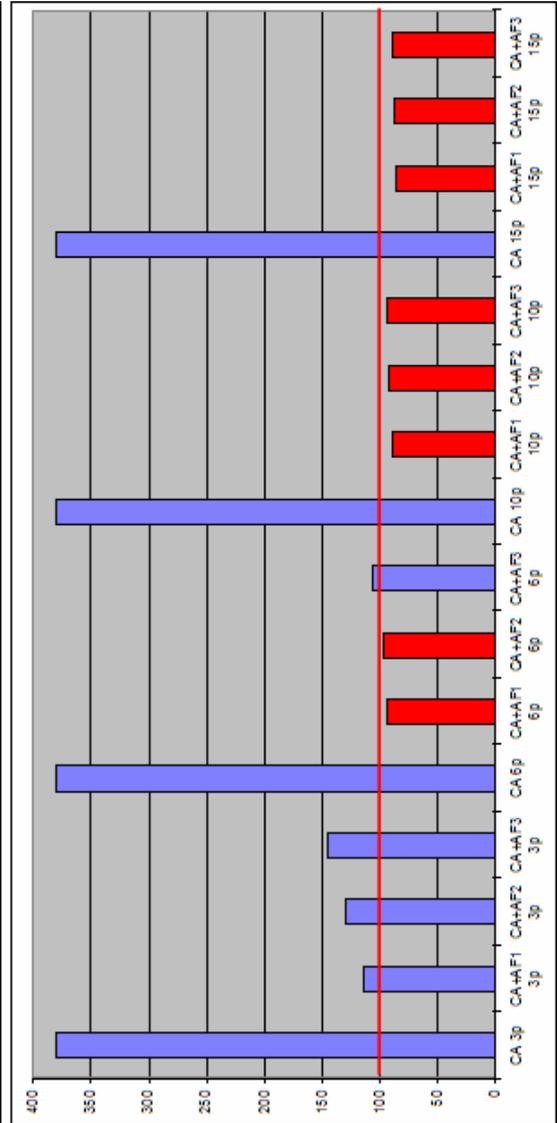
QUARTO 3 (8m²) + CACHIMBO (1,5 X 3,0m): Resultados dos cálculos da iluminação natural - ponto no CENTRO do ambiente - 1/8 da área

Tipo de Obstrução	Número de pontos para cada tipo de reflexão										Função C	C+CR (%)	CI (%)	IM/G (lux)	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9					10
Edificação com 3 Pavimentos															
CA 3p	4											39	0,2916	2,1645586	368,42379
CA+AF1 3p	0	0	0	0	1	3						9	0,0113906	0,7171995	109,28851
CA+AF2 3p	0	0	0	1	1	2						11	0,0182225	0,8136901	124,78726
CA+AF3 3p	0	0	0	1	1	2						13	0,0182225	0,9101807	139,26085
Edificação com 6 Pavimentos															
CA 6p	4											39	0,2916	2,1645586	368,42379
CA+AF1 6p	0	0	0	0	0	0	4					6,5	0,0022781	0,5965982	89,829649
CA+AF2 6p	0	0	0	0	0	0	4					7	0,0045563	0,6207089	93,789766
CA+AF3 6p	0	0	0	0	0	4						8	0,0091125	0,6689542	101,71
Edificação com 10 Pavimentos															
CA 10p	4											39	0,2916	2,1645586	368,42379
CA+AF1 10p	0	0	0	0	0	0	0	4				6	0,0005695	0,5724636	85,954962
CA+AF2 10p	0	0	0	0	0	0	0	4				6,25	0,0011391	0,5845249	87,849591
CA+AF3 10p	0	0	0	0	0	0	4					6,5	0,0022781	0,5965982	89,829649
Edificação com 15 Pavimentos															
CA 15p	4											39	0,2916	2,1645586	368,42379
CA+AF1 15p	0	0	0	0	0	0	0	0	4			5,5	0,0002848	0,5483409	82,29385
CA+AF2 15p	0	0	0	0	0	0	0	0	4			5,75	0,0005695	0,5604022	84,145764
CA+AF3 15p	0	0	0	0	0	0	0	4				6	0,0011391	0,5724636	86,040392

> Adiantamento da Abóbada Celeste (lux): 15000

Observação: Área do vão de iluminação seguindo a proporção de 1/8 da área (ambiente + cachimbo)

RDV:	0,81	>Coeficiente de Reflexão
Caxilhos(%):	10	Obstr. (coef. refl.): 0,5
RDV e Caixa:	0,729	Piso (coef. refl.): 0,4
Largura amb.:	2,4	Parede (coef. refl.): 0,85
C. ompr. amb.:	3,33	Teto (coef. refl.): 0,85
Pé-direito:	2,85	Caxilhos (c. refl.): 0,65
Largura Cach.:	1,5	Vidros (coef. refl.): 0,1
Profund. Cach.:	3	A (Área Superfícies): 74,745
Base vão ilum.:	0,95	R (reflect. média): 0,7590638
Altura vão ilum.:	1,65	R fw (ref. média piso): 0,7245531
Parapeito:	1,2	R cw (ref. média teto): 0,85



10. ANÁLISE DOS RESULTADOS DOS CÁLCULOS

Após a apresentação dos resultados presentes nos gráficos e planilhas, passamos para a análise dos mesmos, já indicando, quando necessário, o procedimento a seguir para novas propostas para os índices que não estejam de acordo com o recomendado pela ABNT.

10.1 Verificação da formatação utilizada no CEDF para determinação das áreas mínimas dos vãos de iluminação, ou seja, a utilização de proporções entre as áreas dos vãos de iluminação e as áreas dos compartimentos:

- Os valores da iluminância máxima resultante para as mesmas situações de obstruções externas variaram cerca de 20% (vinte por cento) entre os diversos ambientes. Já as diferenças entre os valores da iluminância geral resultante variaram no máximo 10% (dez por cento), o que, na maioria dos casos, representa apenas uma pequena diferença em se tratando dos valores de iluminância simulados;

⇒ Isto constata que a utilização de índices técnicos com a formatação seguindo proporções entre as áreas do vão de iluminação e do compartimento é viável para se estimar uma iluminância natural mínima adequada e para ser utilizada em códigos de edificações;

10.2 Verificação da diminuição ocorrida nos índices técnicos referentes ao tamanho do vão de iluminação dos compartimentos em residências, ou seja, a divisão da proporção antiga do COE/Brasília destinada aos vãos de iluminação e aeração (ver item 4):

- Em alguns compartimentos foram constatados valores de iluminância natural máxima resultante abaixo do recomendado pela ABNT, como podemos ver nos gráficos 1 a 8. Os valores da iluminância natural geral resultante foram insuficientes em todos os compartimentos, excetuando-se os casos em que não ocorriam obstruções externas provocadas por edificações vizinhas (ver gráficos 9 a 16);

⇒ A separação das proporções que definem os vãos de iluminação e aeração é desaconselhada, tendo em vista que em alguns compartimentos nem mesmo a iluminância máxima conseguiu alcançar os valores mínimos recomendados pela ABNT, e em todos os compartimentos ocorreram problemas com a iluminância natural geral resultante.

10.3 Sobre a iluminância natural resultante nos compartimentos utilizando-se a proporção entre a área do vão de iluminação e a área do ambiente sem a divisão proposta no novo CEDF, ou seja, caixilhos ocupando 10% (dez por cento) da área do vão de iluminação, quando não existem obstruções externas provocadas por edificações vizinhas, quer dizer, nos casos *sem obstrução*, PA1, PA2, PA3 e PA4:

- A iluminância natural máxima resultante está de acordo com o recomendado pela ABNT em todos os ambientes, quer dizer, atinge ou ultrapassa o valor mínimo de 100 lux recomendado pela ABNT para a iluminância geral mínima para as atividades desenvolvidas em ambientes de uma residência. Podemos ver estes resultados nos gráficos 17 a 24.
- A iluminância natural geral resultante também está de acordo com o recomendado pela ABNT em todos os compartimentos, como podemos ver nos gráficos 25 a 32.

⇒ Isto constata que os índices técnicos do CEDF relativos ao tamanho do vão de iluminação seguindo as proporções atuais entre a área do vão de iluminação e a área do compartimento são mais que suficientes em situações urbanas em que não ocorram obstruções de uma edificação sobre outras.

10.4 Sobre a iluminância resultante nos compartimentos utilizando-se a relação entre a área do vão de iluminação e a área do ambiente sem a divisão proposta no novo CEDF, ou seja, caixilhos ocupando 10% (dez por cento) da área do vão de iluminação, quando existem obstruções externas provocadas por edificações vizinhas, quer dizer, nos casos com os afastamentos *AF1*, *AF2* e *AF3*:

- A iluminância natural máxima resultante está de acordo com o recomendado pela ABNT em todos os ambientes, quer dizer, atinge ou ultrapassa o valor mínimo de 100 lux recomendado pela ABNT para a iluminância geral mínima para as atividades desenvolvidas em ambientes de uma residência. Podemos ver estes resultados nos gráficos 17 a 24.
- O comportamento da iluminância natural geral resultante foi analisado para cada tipo de afastamento:
 - * *AF1* em edificações com 3 (três) pavimentos → a iluminância geral resultante é insuficiente na cozinha conjugada com área de serviço, área de serviço e WC de empregada (gráficos 30 a 32);
 - * *AF1* em edificações com 6 (seis), 10 (dez) e 15 (quinze) pavimentos → a iluminância geral resultante é insuficiente em todos os compartimentos (gráficos 25 a 32);
 - * *AF2* em edificações com 3 (três) pavimentos → a iluminância geral resultante está de acordo com as recomendações da ABNT (gráficos 25 a 32);
 - * *AF2* em edificações com 6 (seis), 10 (dez) e 15 (quinze) pavimentos → a iluminância geral resultante é insuficiente em todos os compartimentos (gráficos 25 a 32);
 - * *AF3* em edificações com 3 (três) pavimentos → a iluminância geral resultante está de acordo com as recomendações da ABNT (gráficos 25 a 32);

* AF3 em edificações com 6 (seis) pavimentos → a iluminância geral resultante é insuficiente na cozinha conjugada com área de serviço, área de serviço e WC de empregada (gráficos 30 a 32);

* AF3 em edificações com 10 (dez) e 15 (quinze) pavimentos → a iluminância geral resultante é insuficiente em todos os compartimentos (gráficos 25 a 32).

⇒ Em todos os afastamentos os índices técnicos que utilizam as proporções atuais do CEDF não garantiram uma iluminância geral de acordo com o recomendado pela ABNT na maioria dos casos. Com AF1 constatamos problemas em compartimentos localizados em todos os tipos de tamanhos de edificações estudadas (3, 6, 10 15 pavimentos). Com AF2 e AF3 constatamos problemas com as edificações com 6 pavimentos ou mais.

⇒ As proporções atuais entre as áreas dos vãos de iluminação e as áreas dos compartimentos não garantem valores de iluminância natural geral resultante adequados às tarefas desenvolvidas nos ambientes residenciais. Propomos a análise e verificação de novas proporções.

10.5 Sobre a iluminância resultante nos compartimentos com cachimbos (sala, quarto 1, quarto 2 e quarto 3), utilizando-se a proporção entre a área do vão de iluminação e a área do ambiente sem a divisão proposta no novo CEDF, ou seja, caixilhos ocupando 10% (dez por cento) da área do vão de iluminação, quando não existem obstruções externas, quer dizer, no caso *sem obstrução*:

- A iluminância geral resultante está de acordo com o recomendado pela ABNT em todos os compartimentos (planilhas 1 a 4);

⇒ Isto constata que os índices técnicos do CEDF relativos ao tamanho do vão de iluminação dos cachimbos são mais que suficientes em situações urbanas em que não ocorram obstruções de uma edificação sobre outras.

10.6 Sobre a iluminância resultante nos compartimentos com cachimbos (sala, quarto 1, quarto 2 e quarto 3), utilizando-se a proporção entre a área do vão de iluminação e a área do ambiente sem a divisão proposta no novo CEDF, ou seja, caixilhos ocupando 10% (dez por cento) da área do vão de iluminação, quando existem obstruções externas, quer dizer, nos casos em que aparecem os afastamentos *AF1, AF2 e AF3* (ver planilhas 1 a 4):

- AF1, AF2 e AF3 em edificações com 3 (três) pavimentos → a iluminância geral resultante está de acordo com o recomendado pela ABNT em todos os compartimentos;

- AF1 e AF2 em edificações com 6 (seis), 10 (dez) e 15 (quinze) pavimentos → a iluminância geral resultante é insuficiente em todos os compartimentos;

- AF3 em edificações com 6 (seis) pavimentos → a iluminância geral está de acordo com o recomendado pela ABNT em todos os compartimentos;
 - AF3 em edificações com 10 (dez) e 15 (quinze) pavimentos → a iluminância geral resultante é insuficiente em todos os compartimentos.
- ⇒ Em todos os afastamentos os índices técnicos que utilizam as proporções atuais do CEDF não garantiram uma iluminância geral de acordo com o recomendado pela ABNT na maioria dos casos, excetuando os casos em que os compartimentos estavam localizados em edificações com 3 pavimentos.
- ⇒ As proporções atuais entre as áreas dos vãos de iluminação e as áreas dos compartimentos não garantem valores de iluminância natural geral resultante adequados às tarefas desenvolvidas nos ambientes residenciais que possuem reentrâncias ou cachimbos. Propomos a análise e verificação de novas proporções.

10.7 Sobre a iluminância resultante nos compartimentos utilizando-se a relação entre a área do vão de iluminação e a área do ambiente sem a divisão proposta no novo CEDF, ou seja, caixilhos ocupando 10% (dez por cento) da área do vão de iluminação, quando existem obstruções externas provocadas pela própria edificação onde se encontram os compartimentos estudados, quer dizer, nos casos com os prismas abertos *PA1*, *PA2*, *PA3* e *PA4*:

- Nas situações em que existem prismas abertos foram constatados os mesmos tipos de problemas já discriminados nos casos anteriores (gráficos 1 a 32). A inclusão dos prismas não alterou significativamente os valores das iluminâncias naturais resultantes nos compartimentos anteriormente analisados com a influência dos afastamentos AF1, AF2 e AF3. Ocorreram casos em que a inclusão dos prismas provocaram aumentos nos valores da iluminância resultante.
- ⇒ Em todos os casos em que os prismas foram analisados, a distância final entre a parede onde o vão de iluminação e a fachada da edificação vizinha era a somatória da dimensão de um dos afastamentos (AF1, AF2 ou AF3) e da profundidade do prisma. Sempre que os afastamentos mínimos entre edificações são respeitados, ou melhor, quando os prismas abertos são projetados de forma que as dimensões de suas profundidades são somadas aos afastamentos entre as edificações (ver figura 11), a utilização de prismas abertos que seguem as proporções mínimas definidas pelo CEDF (ver item 4.1) não interferem na iluminância natural resultante. Ou seja, a proporção máxima de 1/2 definida no CEDF entre a largura e a profundidade dos prismas não interfere na iluminância natural resultante.

11. SUGESTÕES / PROPOSTAS

Após a constatação de que os índices técnicos do CEDF relativos a iluminação natural resultante dos compartimentos de uma residência não garantem valores que satisfaçam o recomendado pela ABNT, e para atender a necessidade que move esta dissertação passamos a sugerir novos valores, relações, proporções e formatações para os índices técnicos que venham a garantir o mínimo de iluminância natural resultante para os compartimentos das edificações residenciais do Distrito Federal. Estas sugestões estão discriminadas a seguir:

11.1 Voltar a utilizar para os índices técnicos relativos ao tamanho dos vãos de iluminação e aeração o mesmo tipo de formatação do COE/Brasília. Sendo que deve ficar bem claro que se o vão de aeração estiver integrado ao vão de iluminação, o detalhamento do mesmo não pode interferir de maneira a reduzir a iluminância natural resultante dos compartimentos.

11.2 Em situações em que existem obstruções externas provocadas por edificações vizinhas os níveis de iluminância natural geral resultante não satisfazem o recomendado pela ABNT. Podemos optar por duas propostas. A modificação na proporção entre as áreas dos vãos de iluminação e as áreas dos compartimentos, ou o aumento nos tamanhos dos afastamentos mínimos entre edificações.

O primeiro caso provocaria efeitos nas edificações, enquanto o segundo refletiria diretamente no espaço urbano. A malha urbana ficaria menos densa e os gastos com a infraestrutura poderiam ser maiores. Tendo em vista estes fatos optaremos pela primeira opção, ou seja, a modificação da proporção mínima entre a área do vão de iluminação e da área do compartimentos, a qual define o tamanho mínimo dos vãos de iluminação em ambientes residenciais.

11.3 O novo CEDF, como os antigos códigos de Brasília, utiliza proporções diferentes para determinados tipos de compartimentos, os de permanência prolongada e os de permanência transitória (ver tabela no item 4). As recomendações da ABNT para o mínimo de iluminância geral tem o mesmo valor para todos os tipos de compartimentos e atividades residenciais. Por este motivo e pelo fato de termos detectado diversos problemas nos compartimentos em que a proporção definida pelo CEDF é menor, optaremos por um índice único para todos os compartimentos. A nova proporção estará atrelada apenas a área do compartimento e não mais a sua atividade. Tendo sido encontrados diversos problemas com as três proporções atualmente utilizadas pelo CEDF - 1/8, 1/10 e 1/8.7 - optamos pela avaliação de uma proporção maior para todos os compartimentos de valor igual a 1/6.

Os piores resultados encontrados em todos os casos ocorreram com as obstruções provocadas entre edificações com 15 (quinze) pavimentos. Os valores da iluminância natural geral resultante, como constatado anteriormente (ver item 10.1), variam pouco entre os diversos tamanhos de compartimentos. Por estes fatos iremos utilizar apenas os casos de estudo com edificações com 15 pavimentos para analisar a nova proporção, Tendo em vista que a iluminância natural geral resultante para estes casos estando de acordo com o recomendado pela ABNT representaria a garantia de uma boa iluminância natural resultante para os demais casos também.

11.4 Com a utilização de reentrâncias ou cachimbos por onde a luz natural chega até os compartimentos, a iluminância natural geral resultante teve os mesmos problemas mencionados no item anterior. Da mesma forma iremos avaliar a nova proporção de 1/6 para a relação entre a área do vão de iluminação posicionado na reentrância e a área do compartimento somada a área do cachimbo.

A seguir mostraremos as planilhas e gráficos desenvolvidos para a verificação das sugestões apresentadas acima. Para uma rápida visualização e comparação entre a situação atual e a situação seguindo as nossas sugestões, mostramos, primeiramente, a situação da iluminância natural resultante com os resultados obtidos com a utilização dos atuais índices técnicos utilizados pelo CEDF em edificações com 15 pavimentos (planilha 5). E, em seguida, mostramos os resultados obtidos com a utilização da nova proporção igual a 1/6 para o cálculo da área mínima do vão de iluminação dos compartimentos residenciais (planilha 6).

Após estas planilhas mostramos os resultados obtidos com a utilização da nova proporção igual a 1/6 para os compartimentos que possuem reentrâncias ou cachimbos (planilhas 7 a 10). Estas planilhas têm a mesma estrutura das planilhas utilizadas para análise dos compartimentos que possuem cachimbos com os índices atuais do CEDF (planilhas 1 a 4).

PLANILHA 5: Proporção atual entre os vãos de iluminação e as áreas dos compartimentos. Análise realizada com os casos entre edificações com 15 pavimentos e ambientes com esquadrias com os caixilhos ocupando 10% do vão de iluminação.

Proporção atual entre os vãos de iluminação e as áreas dos compartimentos															
1 / 8 (compartimentos permanência prolongada) e 1 / 10 (compartimentos de permanência transitória)															
Tipo de Obstrução	Número de pontos para cada tipo de reflexão											Função C	CC+CR (%)	CI (%)	IMG (lux)
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
SALA (12m²)															
Sala AF1	0	0	0	0	0	0	0	0	18			5,5	0,005126	0,512107	77,58488
Sala AF2	0	0	0	0	0	0	0	18				5,75	0,010252	0,523772	80,10346
Sala AF3	0	0	0	0	0	0	18					6	0,020503	0,535436	83,39091
QUARTO 1 (10m²)															
Quarto1 AF1	0	0	0	0	0	0	0	0	18			5,5	0,005126	0,494303	74,91435
Quarto1 AF2	0	0	0	0	0	0	0	18				5,75	0,010252	0,505722	77,39599
Quarto1 AF3	0	0	0	0	0	0	18					6	0,020503	0,51714	80,64649
QUARTO 2 (9m²)															
Quarto2 AF1	0	0	0	0	0	0	0	23				5,5	0,013099	0,487442	75,08117
Quarto2 AF2	0	0	0	0	0	0	23					5,75	0,026198	0,49873	78,7393
Quarto2 AF3	0	0	0	0	0	0	23					6	0,026198	0,510018	80,43254
QUARTO 3 (8m²)															
Quarto3 AF1	0	0	0	0	0	0	25					5,5	0,028477	0,47913	76,14093
Quarto3 AF2	0	0	0	0	0	25						5,75	0,056953	0,490259	82,0818
Quarto3 AF3	0	0	0	0	0	25						6	0,056953	0,501388	83,7512
COZINHA e QUARTO EMPREGADA (6m²)															
Coz./Q.E. AF1	0	0	0	0	0	0	25					5,5	0,028477	0,469061	74,63071
Coz./Q.E. AF2	0	0	0	0	0	25						5,75	0,056953	0,479811	80,51458
Coz./Q.E. AF3	0	0	0	0	0	25						6	0,056953	0,49056	82,12697
ÁREA DE SERVIÇO (4m²)															
Á.Serv. AF1	0	0	0	0	0	20						5,5	0,045563	0,359123	60,70275
Á.Serv. AF2	0	0	0	0	2	18						5,75	0,050119	0,367746	62,67965
Á.Serv. AF3	0	0	0	0	4	16						6	0,054675	0,376369	64,65655
COZINHA + ÁREA DE SERVIÇO (10m²)															
Coz+Á.S. AF1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	5,5	0,000841	0,453974	68,19219
Coz+Á.S. AF2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	5,75	0,001281	0,464917	69,92977
Coz+Á.S. AF3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	6	0,002563	0,47586	71,76346
WC EMPREGADA (1,60m²)															
WC Empr. AF1	0	0	0	0	4	6						5,5	0,031894	0,320745	52,89583
WC Empr. AF2	0	0	0	0	7	3						5,75	0,038728	0,327929	54,9985
WC Empr. AF3	0	0	0	3	7							6	0,059231	0,335112	59,15148

Compartimento	Iluminação Mínima Garantida (lux)
Sala AF1	77,58488
Sala AF2	80,10346
Sala AF3	83,39091
Quarto1 AF1	74,91435
Quarto1 AF2	77,39599
Quarto1 AF3	80,64649
Quarto2 AF1	75,08117
Quarto2 AF2	78,7393
Quarto2 AF3	80,43254
Quarto3 AF1	76,14093
Quarto3 AF2	82,0818
Quarto3 AF3	83,7512
Coz./Q.E. AF1	74,63071
Coz./Q.E. AF2	80,51458
Coz./Q.E. AF3	82,12697
Á.Serv. AF1	60,70275
Á.Serv. AF2	62,67965
Á.Serv. AF3	64,65655
Coz+Á.S. AF1	68,19219
Coz+Á.S. AF2	69,92977
Coz+Á.S. AF3	71,76346
WC Empr. AF1	52,89583
WC Empr. AF2	54,9985
WC Empr. AF3	59,15148

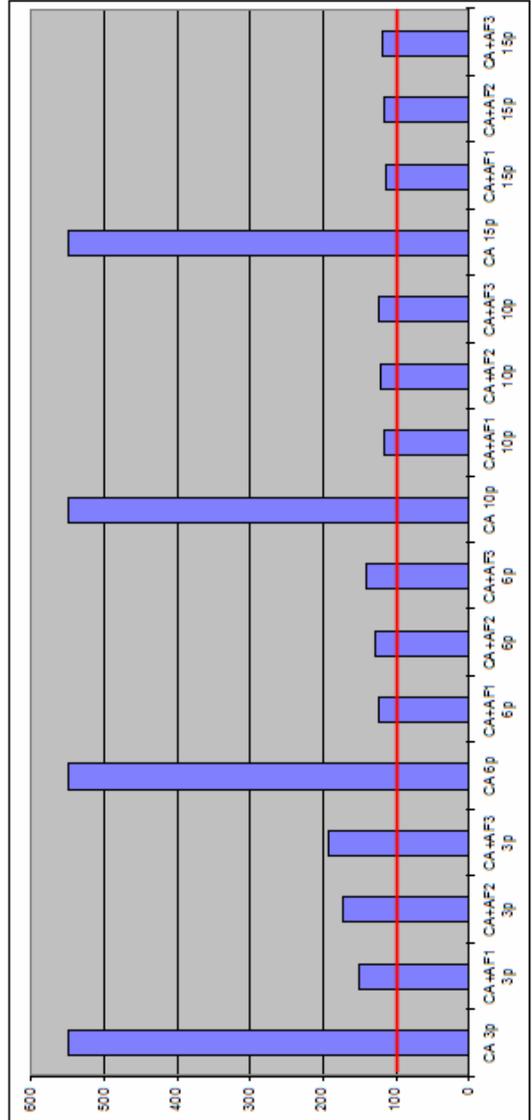
PLANILHA 6: Proposta para nova proporção entre os vãos de iluminação e as áreas dos compartimentos = 1/6 para todos os compartimentos. Análise realizada com os casos entre edificações com 15 pavimentos e ambientes com esquadrias com os caixilhos ocupando 10% do vão de iluminação.

Proposta para nova proporção entre os vãos de iluminação e as áreas dos compartimentos = 1 / 6 (todos os compartimentos)																
Tipo de Obstrução	Número de pontos para cada tipo de reflexão											Função C	CC+CR (%)	CI (%)	IMG (lux)	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					
SALA (12m²)																
Sala AF1	0	0	0	0	0	0	27						5,75	0,030755	0,651882	102,3955
Sala AF2	0	0	0	0	0	27							6	0,061509	0,667264	109,3159
Sala AF3	0	0	0	0	27								6,25	0,123019	0,682645	120,8496
QUARTO 1 (10m²)																
Quarto1 AF1	0	0	0	0	0	0	27						5,75	0,030755	0,628994	98,96235
Quarto1 AF2	0	0	0	0	0	27							6	0,061509	0,644054	105,8345
Quarto1 AF3	0	0	0	0	27								6,25	0,123019	0,659114	117,3199
QUARTO 2 (9m²)																
Quarto2 AF1	0	0	0	0	0	33							5,75	0,075178	0,620332	104,3266
Quarto2 AF2	0	0	0	0	0	33							6	0,075178	0,635224	106,5603
Quarto2 AF3	0	0	0	0	5	28							6,25	0,086569	0,650115	110,5025
QUARTO 3 (8m²)																
Quarto3 AF1	0	0	0	0	0	35							5,75	0,079734	0,609836	103,4355
Quarto3 AF2	0	0	0	0	4	31							6	0,088847	0,624521	107,0052
Quarto3 AF3	0	0	0	0	7	28							6,25	0,095681	0,639206	110,2331
COZINHA e QUARTO EMPREGADA (6m²)																
Coz./Q.E. AF1	0	0	0	0	0	29							5,75	0,066066	0,600548	99,99205
Coz./Q.E. AF2	0	0	0	0	2	27							6	0,070622	0,614704	102,7989
Coz./Q.E. AF3	0	0	0	0	5	24							6,25	0,077456	0,62886	105,9474
ÁREA DE SERVIÇO (4m²)																
Á.Serv. AF1	0	0	0	0	5	22							5,75	0,0729	0,538689	91,73839
Á.Serv. AF2	0	0	0	2	7	18							6	0,091125	0,552609	96,56011
Á.Serv. AF3	0	0	0	5	6	16							6,25	0,10935	0,566529	101,3818
COZINHA + ÁREA DE SERVIÇO (10m²)																
Coz+Á.S. AF1	0	0	0	0	0	0	0	0	13				5,75	0,003702	0,619288	93,44856
Coz+Á.S. AF2	0	0	0	0	0	0	0	0	13				6	0,007404	0,634859	96,33949
Coz+Á.S. AF3	0	0	0	0	0	0	0	13					6,25	0,014808	0,65043	99,78572
WC EMPREGADA (1,60m²)																
WC Empr. AF1	0	0	0	2	8	8							5,75	0,0729	0,492251	84,77268
WC Empr. AF2	0	0	0	6	10	2							6	0,104794	0,504026	91,32296
WC Empr. AF3	0	0	4	8	6								6,25	0,173138	0,515801	103,3407

Compartimento	Iluminação (lux)
Sala AF1	102,3955
Sala AF2	109,3159
Sala AF3	120,8496
Quarto1 AF1	98,96235
Quarto1 AF2	105,8345
Quarto1 AF3	117,3199
Quarto2 AF1	104,3266
Quarto2 AF2	106,5603
Quarto2 AF3	110,5025
Quarto3 AF1	103,4355
Quarto3 AF2	107,0052
Quarto3 AF3	110,2331
Coz./Q.E. AF1	99,99205
Coz./Q.E. AF2	102,7989
Coz./Q.E. AF3	105,9474
Á.Serv. AF1	91,73839
Á.Serv. AF2	96,56011
Á.Serv. AF3	101,3818
Coz+Á.S. AF1	93,44856
Coz+Á.S. AF2	96,33949
Coz+Á.S. AF3	99,78572
WC Empr. AF1	84,77268
WC Empr. AF2	91,32296
WC Empr. AF3	103,3407

PLANILHAS 7 a 10: Planilhas e gráficos com valores da iluminância média resultante (ponto no centro do ambiente) nos compartimentos + cachimbo (1,50 x 3,00m), utilizando-se os caixilhos ocupando 10% do vão de iluminação, proporção nova entre a área do vão de iluminação e a área do compartimento somada à área do cachimbo igual a 1/6.

SALA (12m²) + CACHIMBO (1,5 X 3,0m): Resultados dos cálculos da iluminação natural - ponto no CENTRO do ambiente - 1/6 da área															
Tipo de Obstrução	Número de pontos para cada tipo de reflexão										CI (%)	IMG (lux)			
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9			10		
Edificação com 3 Pavimentos															
CA-3p	10											39	0,729	2,9341962	549,47943
CA+AF1 3p	0	0	0	0	2	8						9	0,0273375	0,9781302	150,82016
CA+AF2 3p	0	0	0	2	2	6						11	0,0410063	1,1085346	172,43113
CA+AF3 3p	0	0	0	2	2	6						13	0,0410063	1,238939	191,99179
Edificação com 6 Pavimentos															
CA-6p	10											39	0,729	2,9341962	549,47943
CA+AF1 6p	0	0	0	0	0	0	10					6,5	0,0056963	0,8151247	123,123
CA+AF2 6p	0	0	0	0	0	10						7	0,0113906	0,8477258	128,86746
CA+AF3 6p	0	0	0	0	0	10						8	0,0227813	0,912928	140,35639
Edificação com 10 Pavimentos															
CA-10p	10											39	0,729	2,9341962	549,47943
CA+AF1 10p	0	0	0	0	0	0	0	10				6	0,0014238	0,7625236	117,59211
CA+AF2 10p	0	0	0	0	0	0	0	10				6,25	0,0028477	0,7988241	120,25077
CA+AF3 10p	0	0	0	0	0	0	0	10				6,5	0,0056963	0,8151247	123,123
Edificação com 15 Pavimentos															
CA-15p	10											39	0,729	2,9341962	549,47943
CA+AF1 15p	0	0	0	0	0	0	0	0	10			5,5	0,0007119	0,7499225	112,59516
CA+AF2 15p	0	0	0	0	0	0	0	0	10			5,75	0,0014238	0,766223	115,14703
CA+AF3 15p	0	0	0	0	0	0	0	0	10			6	0,0028477	0,7625236	117,80569
> Aclaramento da Abóbada Celeste (lux):													15000		
PROPOSTA - proporção 1/6															
Obs.: Área do vão de iluminação seguindo nova proporção de 1/6 da área (ambiente + cachimbo)															
RDV:	0,81	> Coeficiente de Reflexão													
Caxilhos(%):	10	Obstr. (coef. refl.):	0,5												
RDV e Caix:	0,729	Piso (coef. refl.):	0,4												
Largura amb.:	2,85	Parede (coef. refl.):	0,85												
Compr. amb.:	4,21	Teto (coef. refl.):	0,85												
Pé-direito:	2,85	Caxilhos (c. refl.):	0,65												
Largura Cach.:	1,5	Vidros (coef. refl.):	0,1												
Profund. Cach.:	3	A. (Área Superfícies):	90,339												
Base vão ilum.:	1,85	R. (reflect. média):	0,7447788												
Altura vão ilum.:	1,85	R.fw.(ref. média piso):	0,7081574												
Parapeito:	1	R.cw.(ref. média teto):	0,85												



QUARTO 1 (10m²) + CACHIMBO (1,5 X 3,0m): Resultados dos cálculos da iluminação natural - ponto no CENTRO do ambiente - 1/6 da área

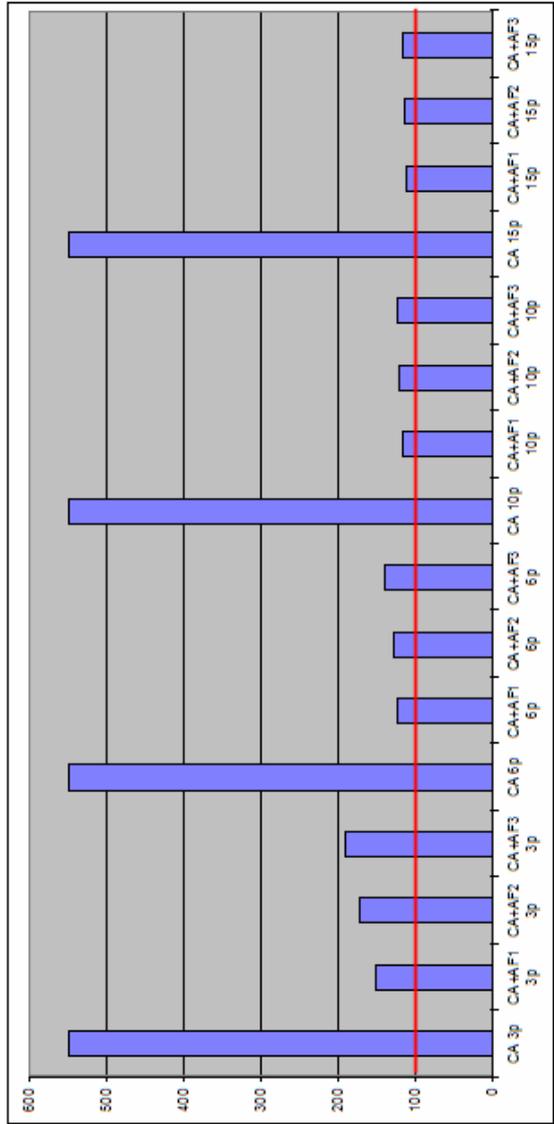
Tipo de Obstrução	Número de pontos para cada tipo de reflexão										Funcão C	C-C+CR (%)	CI (%)	IM/G (lux)	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9					10
Edificação com 3 Pavimentos															
CA 3p	9											39	3,0086497	549,71246	
CA+AF1 3p	0	0	0	0	2	7						9	0,0250594	153,53869	
CA+AF2 3p	0	0	0	2	2	5						11	0,0387281	175,69018	
CA+AF3 3p	0	0	0	2	2	5						13	0,0387281	195,79135	
Edificação com 6 Pavimentos															
CA 6p	9											39	3,0086497	549,71246	
CA+AF1 6p	0	0	0	0	0	0	9					6,5	0,0051258	125,42217	
CA+AF2 6p	0	0	0	0	0	0	9					7	0,0102516	131,21633	
CA+AF3 6p	0	0	0	0	0	9						8	0,0205031	142,80466	
Edificação com 10 Pavimentos															
CA 10p	9											39	3,0086497	549,71246	
CA+AF1 10p	0	0	0	0	0	0	0	9				6	0,0012814	119,82023	
CA+AF2 10p	0	0	0	0	0	0	0	9				6,25	0,0025629	122,52509	
CA+AF3 10p	0	0	0	0	0	0	9					6,5	0,0051258	125,42217	
Edificação com 15 Pavimentos															
CA 15p	9											39	3,0086497	549,71246	
CA+AF1 15p	0	0	0	0	0	0	0	0	9			5,5	0,0006407	114,69882	
CA+AF2 15p	0	0	0	0	0	0	0	0	9			5,75	0,0012814	117,30758	
CA+AF3 15p	0	0	0	0	0	0	0	0	9			6	0,0025629	120,01244	

> Adornamento da Abóbada Celeste (lux): 15000

PROPOSTA - proporção 1/6

Obs.: Área do vão de iluminação seguindo nova proporção de 1/6 da área (ambiente + cachimbo)

RDV:	0,81	>Coeficiente de Reflexão
Caxilhos(%):	10	Obstr. (coef. refl.): 0,5
RDV e Caixa:	0,729	Piso (coef. refl.): 0,4
Largura amb.:	2,4	Parede (coef. refl.): 0,85
C.ompr. amb.:	4,17	Teto (coef. refl.): 0,85
Pé-direito:	2,5	Caxilhos (c. refl.): 0,65
Largura Cach.:	1,5	Vidros (coef. refl.): 0,1
Profund. Cach.:	3	A (Área Superfícies): 76,866
Base vão ilum.:	1,465	R (reflect. média): 0,7414795
Altura vão ilum.:	1,65	R.fw(ref. média piso): 0,7200233
Parapeito:	1,2	R.cw(ref. média teto): 0,85



QUARTO 2 (9m²) + CACHIMBO (1,5 X 3,0m): Resultados dos cálculos da iluminação natural - ponto no CENTRO do ambiente - 1/6 da área

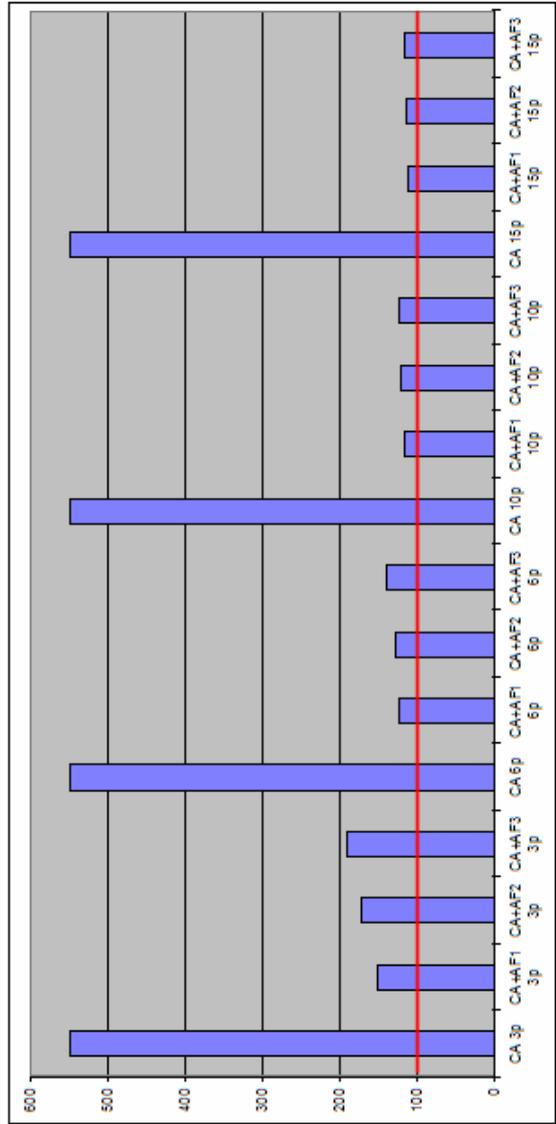
Tipo de Obstrução	Número de pontos para cada tipo de reflexão										Funcão C	CC+CR (%)	CI (%)	IIM/G (lux)	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9					10
Edificação com 3 Pavimentos															
CA 3p	4											39	0,2916	2,8439934	470,33901
CA+AF1 3p	0	0	0	0	1	3						9	0,0113906	0,9431456	143,18043
CA+AF2 3p	0	0	0	1	1	2						11	0,018225	1,0698687	163,21406
CA+AF3 3p	0	0	0	1	1	2						13	0,018225	1,1965919	182,22254
Edificação com 6 Pavimentos															
CA 6p	4											39	0,2916	2,8439934	470,33901
CA+AF1 6p	0	0	0	0	0	0	4					6,5	0,0022781	0,7847416	118,05295
CA+AF2 6p	0	0	0	0	0	4						7	0,0045563	0,8164224	123,14679
CA+AF3 6p	0	0	0	0	0	4						8	0,0091125	0,879784	133,33447
Edificação com 10 Pavimentos															
CA 10p	9											39	0,6561	2,8439934	525,01401
CA+AF1 10p	0	0	0	0	0	0	0	4				6	0,0005695	0,7530608	113,04455
CA+AF2 10p	0	0	0	0	0	0	0	4				6,25	0,0011391	0,7689012	115,50604
CA+AF3 10p	0	0	0	0	0	0	4					6,5	0,0022781	0,7847416	118,05295
Edificação com 15 Pavimentos															
CA 15p	9											39	0,6561	2,8439934	525,01401
CA+AF1 15p	0	0	0	0	0	0	0	0	4			5,5	0,0002848	0,72138	108,24971
CA+AF2 15p	0	0	0	0	0	0	0	0	4			5,75	0,0005695	0,7372204	110,86849
CA+AF3 15p	0	0	0	0	0	0	0	0	4			6	0,0011391	0,7530608	113,12988

> Aclaramento da Abóbada Celeste (lux): 15000

PROPOSTA - proporção 1/6

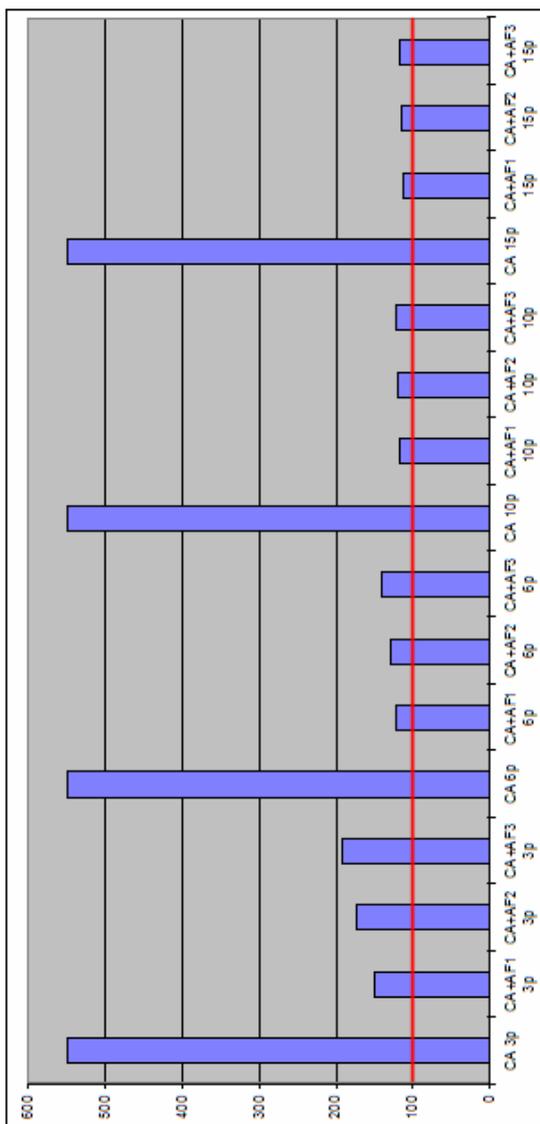
Obs.: Área do vão de iluminação seguindo nova proporção de 1/6 da área (ambiente + cachimbo)

RDV:	0,81	> Coeficiente de Reflexão
Caxilhos(%):	10	Obstr. (coef. refl.): 0,5
RDV e Caixa:	0,729	Piso (coef. refl.): 0,4
Largura amb.:	2,4	Parede (coef. refl.): 0,85
C. compr. amb.:	3,75	Teto (coef. refl.): 0,85
Pé-direito:	2,85	Caxilhos (c. refl.): 0,65
Largura Cach.:	1,5	Vidros (coef. refl.): 0,1
Profund. Cach.:	3	A (Área Superfícies): 79,155
Base vão ilum.:	1,365	R (reflect. média): 0,7519116
Altura vão ilum.:	1,65	R.fw(ref. média piso): 0,7221591
Parapeito:	1,2	R.cw(ref. média teto): 0,85



QUARTO 3 (8m²) + CACHIMBO (1,5 X 3,0m): Resultados dos cálculos da iluminação natural - ponto no CENTRO do ambiente - 1/6 da área

Tipo de Obstrução	Número de pontos para cada tipo de reflexão										Função C	C+C+R (%)	CI (%)	IMI/G (lux)	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9					10
Edificação com 3 Pavimentos															
CA 3p	4											39	0,2916	2,8212135	466,92202
CA+AF1 3p	0	0	0	0	1	3						9	0,0113906	0,9347739	141,92467
CA+AF2 3p	0	0	0	1	1	2						11	0,0182225	1,0605365	161,81423
CA+AF3 3p	0	0	0	1	1	2						13	0,0182225	1,1862992	180,67862
Edificação com 6 Pavimentos															
CA 6p	4											39	0,2916	2,8212135	466,92202
CA+AF1 6p	0	0	0	0	0	0	4					6,5	0,0022781	0,7775706	116,9773
CA+AF2 6p	0	0	0	0	0	0	4					7	0,0045563	0,8090112	122,03512
CA+AF3 6p	0	0	0	0	0	4						8	0,0091125	0,8718926	132,15076
Edificação com 10 Pavimentos															
CA 10p	4											39	0,2916	2,8212135	466,92202
CA+AF1 10p	0	0	0	0	0	0	0	4				6	0,0005695	0,7461299	112,00492
CA+AF2 10p	0	0	0	0	0	0	0	4				6,25	0,0011391	0,7618502	114,4484
CA+AF3 10p	0	0	0	0	0	0	4					6,5	0,0022781	0,7775706	116,9773
Edificação com 15 Pavimentos															
CA 15p	4											39	0,2916	2,8212135	466,92202
CA+AF1 15p	0	0	0	0	0	0	0	0	4			5,5	0,0002848	0,7146893	107,2461
CA+AF2 15p	0	0	0	0	0	0	0	0	4			5,75	0,0005695	0,7304096	109,64687
CA+AF3 15p	0	0	0	0	0	0	0	0	4			6	0,0011391	0,7461299	112,09035



> Aclaramento da Abóbada Celeste (lux): 15000

PROPOSTA - proporção 1/6

Obs.: Área do vão de iluminação seguindo nova proporção de 1/6 da área (ambiente + cachimbo)

RDV:	0,81	> Coeficiente de Reflexão
Caxilhos(%):	10	Obstr. (coef. refl.): 0,5
RDV e Caixa:	0,729	Piso (coef. refl.): 0,4
Largura amb.:	2,4	Parede (coef. refl.): 0,85
Compr. amb.:	3,33	Teto (coef. refl.): 0,85
Pé-direito:	2,85	Caxilhos (c. refl.): 0,65
Largura Cach.:	1,5	Vidros (coef. refl.): 0,1
Profund. Cach.:	3	A (Área Superfícies): 74,745
Base vão ilum.:	1,265	R (reflect. média): 0,7538486
Altura vão ilum.:	1,65	R fv (ref. média piso): 0,7245531
Parapeito:	1,2	R cw (ref. média teto): 0,85

12. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Temos dois tipos de considerações a fazer com relação aos estudos e análises dos índices técnicos do Código de Edificações do Distrito Federal relativos à iluminação natural dos compartimentos residenciais. Algumas de caráter geral e outras de caráter específico.

Considerações Gerais

Após o nosso estudo e avaliação dos índices técnicos do Código de Edificações do Distrito Federal relativos à iluminação natural podemos concluir que os mesmos não garantem uma boa iluminância natural aos ambientes das edificações residenciais do Distrito Federal.

Os problemas foram detectados com os índices técnicos referentes ao tamanho do vão de iluminação. Estes índices seguem atualmente relações ou proporções entre a área dos vãos de iluminação e as áreas dos compartimentos que propiciam uma iluminância natural resultante que não satisfaz o recomendado pela ABNT, ou seja, não garantem uma iluminância geral resultante mínima para uma boa realização das atividades residenciais. Foi analisada nova proposta para o valor da proporção dos índices técnicos. Esta, por sua vez, chegou a valores de iluminância maiores que o mínimo recomendado.

Passaremos a discriminar as nossas conclusões em forma de sugestões para os índices técnicos relativos à iluminação natural dos compartimentos em edificações residenciais, as quais poderão ser adotadas na Regulamentação do novo Código de Edificações do Distrito Federal.

Considerações Específicas

Poderia ser utilizada para o cálculo do tamanho mínimo dos vãos de iluminação de todos os compartimentos encontrados numa residência a proporção de 1/6 (um sexto) entre a área mínima do vão de iluminação e a área total do compartimento. Caso os compartimentos sejam iluminados por reentrâncias, cachimbos ou varandas, a área destes espaços deve ser somada a área do compartimento para se determinar o tamanho mínimo do vão de iluminação.

Para garantir que a proporção de 1/6 (um sexto) satisfaça o mínimo recomendado para a iluminância natural geral resultante, as reentrâncias, cachimbos ou varandas devem seguir as seguintes recomendações:

- O pé-direito da reentrância, cachimbo ou varanda deve ser, no mínimo, da mesma dimensão do utilizado no compartimento;
- O fechamento da reentrância, cachimbo ou varanda deve respeitar a altura máxima do parapeito de 1,20m (um metro e vinte centímetros), quando este fechamento for executado com material sem transmitância;

- A parte superior do vão de iluminação deverá iniciar na altura mínima definida no código para o pé-direito do compartimento;
- A área mínima do vão de iluminação deverá ser sempre respeitada. Caso ocorra a colocação de esquadria no vão de iluminação da reentrância, cachimbo ou varanda, esta deve ser detalhada de tal forma que a área dos caixilhos não ultrapassem 10% (dez por cento) da área mínima do vão de iluminação;
- Caso ocorra o fechamento entre o compartimento e a reentrância, cachimbo ou varanda com esquadria, esta deve ser detalhada de tal forma que a área dos caixilhos não ultrapasse 10% (dez por cento) da área definida pela largura da reentrância, cachimbo ou varanda e o pé-direito;
- A profundidade da reentrância, cachimbo ou varanda será, no máximo, o dobro da dimensão da largura. Sendo a dimensão mínima da largura de 1,50m (um metro e cinquenta centímetros).

Para o cálculo do tamanho do afastamento mínimo entre edificações poderá ser utilizada a seguinte fórmula:

$$Af = 2,50 + 0,25.(N - 1) \quad (\text{em metros})$$

Onde, Af é o afastamento mínimo entre edificações e N é o número de pavimentos da edificação. Esta fórmula representa os valores da AF3 utilizados nos estudos. O afastamento AF3 foi determinado através da fórmula encontrada nos estudos do Plano Diretor Local da cidade de Samambaia. A fórmula utilizada pelos técnicos do IPDF para Samambaia era $Af = 1,50 + b + 0,25.(N - 1)$; onde b é um coeficiente de localidade, que para samambaia foi utilizado o valor 1,0m (um metro).

Finalmente, poderá ser utilizada para determinar as dimensões mínimas dos prismas abertos a mesma relação dos cachimbos, ou seja, a profundidade deverá ser, no máximo, o dobro da largura, sendo a dimensão mínima da largura igual a 1,50m (um metro e cinquenta centímetros). Esta relação é adequada para uma iluminância adequada dos compartimentos quando não possuem obstruções por edifícios vizinhos ou quando a profundidade dos prismas soma-se à dimensão mínima dos afastamentos. Os prismas que seguirem estas dimensões mínimas só poderão ser utilizados em fachadas que respeitarem o afastamento mínimo, visto que ocorrem casos em que é permitido diminuir o tamanho do afastamento quando não existirem vãos de iluminação em determinada fachada.

13. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT 5413 (NB 57), Iluminância de Interiores - Procedimento, 1997.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT 5461, Iluminação: Terminologia, 1991.
- ACIOLI, José L. (1994): **Física Básica Para Arquitetura**. Editora UnB, Brasília.
- ALUCCI, Márcia P.; CARNEIRO, Cláudia de M.; BARING, João G. de A. (1986): **Implantação de Conjuntos Habitacionais - recomendações para adequação climática e acústica**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo.
- BAHIA, Sérgio Rodrigues; e outros (1997): **Modelo para elaboração de código de obras e edificações**. Convênio IBAM / PROCEL, Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. IBAM / DUMA, Rio de Janeiro.
- BITTENCOURT, Leonardo (1996): **Uso das cartas solares: diretrizes para arquitetos**. EDUFAL, Maceió.
- BRASILEIRO, Ana Maria (1978): **O “elitismo” da legislação urbanística**, Revista de Administração Municipal, págs. 7 a 15, abril/junho de 1978. IBAM.
- BRUAND, Yves (1981): **Arquitetura Contemporânea no Brasil**. Perspectiva, São Paulo.
- BUFFON, Ana Cláudia; BUSON, Márcio A.; HÖFLIGER, Raul; RODRIGUES, Alice (1996): **Avaliação de desempenho bioclimático em situação já consolidada dentro de tipologia arquitetônica usual para o ensino público em Brasília - DF**. Trabalho desenvolvido no Curso de Mestrado da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, disciplina Bioclimatismo na Arquitetura e Urbanismo. Orientado pela Profª. Marta Adriana Bustos Romero.
- CARVALHO, Benjamin de A. (1970): **Técnica da Orientação dos Edifícios, Insolação, Iluminação, Ventilação**. Ao Livro Técnico S.A., Rio de Janeiro.
- CHICHIERCHIO, Luiz Carlos (1983): **Controle do Ambiente em Arquitetura**. Curso de especialização por tutoria à distância, módulo de ensino n.º 8. CAPES, Brasília.
- GDF (1967): **Código de Edificações de Brasília**, aprovado pelo Decreto “N” n.º 596 de 8 de março de 1967.
- GDF (1991): **Código de Obras e Edificações de Brasília**, aprovado pelo Decreto n.º 13.059 de 8 de março de 1991.
- GDF / IPDF / SUCAR (1997): **Código de Edificações do Distrito Federal (1997)**, Projeto de Lei e Decreto de regulamentação,.
- FICHER, Sylvia (1994): **Cidade Brasileira, século XX, Edifícios Altos no Brasil**. ESPAÇOS E DEBATES n.º 37. Núcleo de Estudos Regionais e Urbanos - NERU, São Paulo.
- FONSECA, Marçal R. da (1982): **Desenho Solar**. Projeto, São Paulo.
- FREIRE Júnior, Victor da Silva (1914): **A Cidade Salubre**. Conferência realizada a 13 de março de 1914, no Gremio Polytechnico, Revista Politécnica n.º 48.
- _____ (1916): **INSOLAÇÃO, Orientação e largura das ruas e alturas dos edifícios, por Alexandre de Albuquerque (prefácio)**. Seção de Obras de “O Estado de São Paulo”, São Paulo.
- _____ (1918): **Códigos Sanitários e Posturas Municipaes Sobre Habitações**, Boletim do Instituto de Engenharia, volume I n.º 3, Fevereiro de 1918, São Paulo.

- FUNARI, Frederico L. (1984): **Insolação, radiação solar global e radiação líquida no Brasil**. Dissertação de Mestrado apresentada ao Depto. de Geografia da FFLCHUSP, São Paulo.
- GOLDMAN, Simão (1964): **Psicologia das Cores** - Volumes 1 e 2. La Salle, Caxias.
- GREENSTREET, Robert C. (1996): **The impact of building code and legislation upon the development of tall buildings**. University of Wisconsin - Milwaukee.
- HOPKINSON, R. G.; PETHERBRIDGE, P.; LONGMORE, J. (1975): **Iluminação Natural**. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa.
- MASCARÓ, Juan Luis (1992): **Incidência das variáveis projetivas e de construção no consumo energético dos edifícios**. Sagra, Porto Alegre.
- MASCARÓ, Lúcia. R. de (1981): **Luz, clima e arquitetura**. Ed. Técnicas, São Paulo.
- _____ (1991): **Energia na Edificação - estratégia para minimizar seu consumo**. Projeto, São Paulo.
- MOORE, Fuller (1985): **Concepts and practice of architectural daylighting**, Van Nostrand Reinhold Company, New York.
- MOREIRA, Vinícius de Araújo (1987): **Iluminação & Fotometria: teoria e aplicação**. Edgard Blücher, São Paulo.
- PEREIRA, Fernando Oscar R. - coord. (1998): **Método de Determinação da Iluminação Natural em Ambientes Internos**. Projeto Normalização em Conforto Ambiental, UFSC / FINEP.
- RAPOPORT, Amos (1977): **Aspectos humanos de la forma urbana: hacia una confrontación de las Ciencias Sociales com el diseño de la forma urbana**. Editora Gustavo Gili, Barcelona.
- RASMUSSEN, Steen Eiler (1986): **Arquitetura Vivenciada**. Ed. Martins Fontes, São Paulo.
- REIS Filho, Nestor Goulart (1970): **Quadro da Arquitetura Brasileira**. Perspectivas, São Paulo.
- REZENDE, Vera (1982): **Planejamento Urbano e Ideologia**. Civilização Brasileira, São Paulo.
- ROMERO, Marta Adriana Bustos (1988): **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano**. Projeto, São Paulo.
- _____ (1993): **Arquitectura Bioclimática de los Espacios Públicos**. Tese de Doutorado, Capítulo 6 - O Espaço Luminico. ETSAB - UPC, Barcelona.
- SHEPPARD, R. (1951): **La luz del día en los edificios**. Riverté, Barcelona.
- SOTERAS, Rafael Mur (1985): **Geometria e Iluminacion Natural**. Tese de Doutorado da Escola Técnica Superior de Arquitetura de Barcelona, ETSAB / UPC. Barcelona.