



6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

**ENTAC 2010**

XIII Encontro Nacional de Tecnologia  
do Ambiente Construído

## **CURVAS DE AGREGAÇÃO DE RECURSOS: UMA ANÁLISE DE SITUAÇÕES REAIS EM OBRAS RESIDENCIAIS**

**Lucia Bressiani (1); (2) Humberto Ramos Roman; (3) Luiz F. M. Heineck**

(1) Departamento de Engenharia de Civil – Faculdade Assis Gurgacz, Brasil – e-mail:  
luciabressiani@bol.com.br

(2) Departamento de Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil – e-mail:  
humberto@ecv.ufsc.br

(3) Departamento de Engenharia de Produção Mecânica – Universidade Federal do Ceará, Brasil

### **RESUMO**

O trabalho busca utilizar os conceitos das curvas de agregação de recursos, em obras residenciais na cidade de Cascavel e região. Para isso são efetuadas análises dos cronogramas físicos-financeiros de 60 obras, de dimensões variando entre 80 e 300m<sup>2</sup>, apresentados para obtenção de financiamentos junto à Caixa Econômica Federal. O cronograma físico-financeiro, geralmente apresentado junto aos orçamentos e propostas para execução de obras, tanto financiadas por órgãos públicos ou privados, é um dos membros da família de curvas de agregação de recursos. Desta forma, o objetivo deste trabalho é mostrar como as curvas de agregação de recursos se constituem como uma forma para a organização e o gerenciamento do processo de construção. Assim, a análise efetuada nas obras buscará identificar a forma de disponibilização de recursos utilizada e fornecer informações sobre como acontece o planejamento destas obras, e que critérios poderiam ser melhorados através da utilização dos conceitos da curva de agregação ideal.

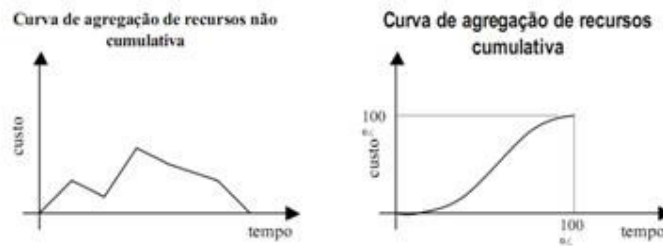
Palavras-chave: planejamento, programação, curvas de agregação.

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Curva de agregação de recursos

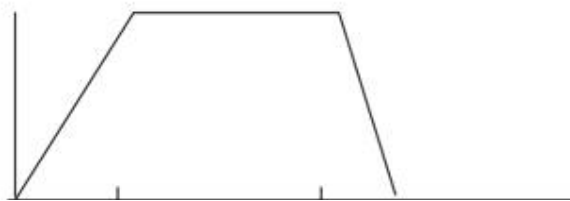
Uma das ferramentas que podem auxiliar o Planejamento de Projetos é o que se chama de Curvas de Agregação.

As Curvas de Agregação são curvas que mostram a evolução de utilização de um ou mais recursos em um projeto, apresentando os valores mensais, não acumulados. A mais conhecida é a Curva S ou Curva de Agregação Acumulada, obtida a partir da apresentação dos gastos acumulados em cada período. A Figura 1 a seguir apresenta as duas curvas citadas.



**Figura 1** – Curva de agregação de recursos e curva S

Shtub et all (1994), usam um gráfico trapezoidal típico como sendo o ideal para o desenvolvimento de um projeto, conforme a Figura 2.



**Figura 2** – Curva trapezoidal ideal

A idéia da curva ideal é apresentar um modelo estável, principalmente na região do patamar, evitando picos de gastos, contribuindo para a diminuição do capital de giro necessário e o conseqüente custo financeiro de sustentá-lo.

Nesta Curva de Agregação clássica, a partir da idéia do trapézio, durante metade do período de obra o consumo de recursos é constante, após atingir um patamar. Para atingir este patamar leva-se um tempo equivalente a 1/3 do período de obra. Para encerrar a obra, ou seja, sair do patamar nivelado de consumo de recursos leva-se 1/6 do prazo total da obra.

Além da curva de agregação de recursos, vários autores apresentam o desenvolvimento do custo de um projeto através do uso de curvas S. Heineck (1990) apresenta um estudo sobre as aplicações das curvas S tanto a nível de canteiros como a nível governamental, assim como faz uma apresentação teórica sobre o traçado das curvas de agregação e apresenta aplicações práticas em programas e políticas de governo, orçamentos, programação e controle de obras e gerência de empreendimentos na construção civil.

## **1.2 Aplicação das Curvas de agregação de recursos**

A Curva de Agregação de Recursos também conhecida como curva de agregação não acumulada analisa a distribuição dos recursos utilizados, em função do tempo. Apresenta a evolução dos valores mensais não acumulados.

A técnica é simples e consiste em apresentar a totalização os recursos utilizados em uma obra (ou programa de construção), em cada período. Os recursos podem ser homens hora, quantidade de materiais, número de máquinas, valores em reais necessários para executar cada etapa da obra, dentre outros. O período de tempo, geralmente desenhado no eixo dos x pode ser dias, semanas, meses ou anos.

A curva de agregação de recursos é uma ferramenta de controle de empreendimentos que integra programação da produção e custo (Kim e Ballard, 2001).

Heineck (1989) a define como uma ferramenta que consiste na integração do orçamento com uma técnica operacional de planejamento, tais como redes de precedências, linhas de balanço ou gráfico de Gantt, que tem por objetivo expressar o desenvolvimento do consumo de recursos (mão de obra e materiais) de cada período da produção ao longo do tempo, medindo o progresso do empreendimento conforme as atividades são realizadas.

O uso desta ferramenta permite o monitoramento do progresso do empreendimento, permitindo a visualização e previsão dos custos e receitas do empreendimento (fluxo de caixa), de forma não cumulativa (período a período) ou de forma cumulativa (NEALE e NEALE, 1989).

Outro uso que se pode fazer das curvas de agregação de recursos cumulativas e não cumulativas, como ferramenta de gestão no controle de custos de empreendimentos, são estudos de viabilidade, avaliação de propostas, análises econômicas e financeiras, gestão da produção e avanços físicos, controle dos custos e fluxo de caixa.

Esta visualização do fluxo de caixa do empreendimento facilita o controle dos custos, e a identificação dos períodos de fluxo positivos e negativos para decisões de aplicações financeiras (KERN e FORMOSO, 2003).

Com relação as curvas S, de acordo com Stallworthy (1980) *apud* Kern (2005), as mesmas permitem ao gestores gerar respostas rápidas para que sejam tomadas decisões, gerar diagnósticos e relatórios consistentes para indicar mudanças nas estimativas e integrar o controle de custos com demais departamentos da empresa.

## **2 OBJETIVO**

O objetivo deste trabalho é analisar a forma de disponibilização de recursos utilizada em obras de pequeno porte, buscando fornecer informações sobre como acontece o planejamento destas obras, e efetuar a comparação com a curva de agregação ideal.

## **3 METODOLOGIA**

### **3.1 Amostragem**

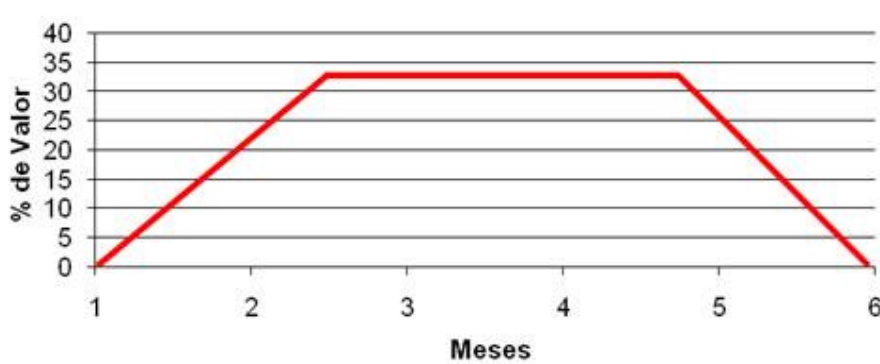
Os dados utilizados neste trabalho foram obtidos a partir de cronogramas físicos-financeiros de 60 obras, de dimensões variando entre 80 e 300m<sup>2</sup>, apresentados para obtenção de financiamentos junto à Caixa Econômica Federal. Neste trabalho não são apresentados os resultados de todas as obras, em função de muitas apresentarem comportamentos semelhantes. Desta forma, foram selecionadas todas as formas de curvas representativas dos comportamentos da amostra de dados para apresentação nas análises dos resultados.

Foram utilizados apenas os percentuais de valores apresentados em cada mês nos cronogramas e com estes foram geradas as curvas para cada obra.

### 3.2 Curvas de agregação

Para análise das curvas de agregação geradas, as mesmas foram separadas por durações, sendo as mesmas de 4, 5 e 6 meses, ou seja, durações encontradas para as obras analisadas.

Como a análise apresentada neste trabalho se baseia em uma análise de percentuais de valores disponibilizados em cada mês, a Figura 3 apresenta a curva considerada como ideal para uma obra com duração de 5 meses e que foi utilizada para comparação com as curvas reais para obras com estas durações.



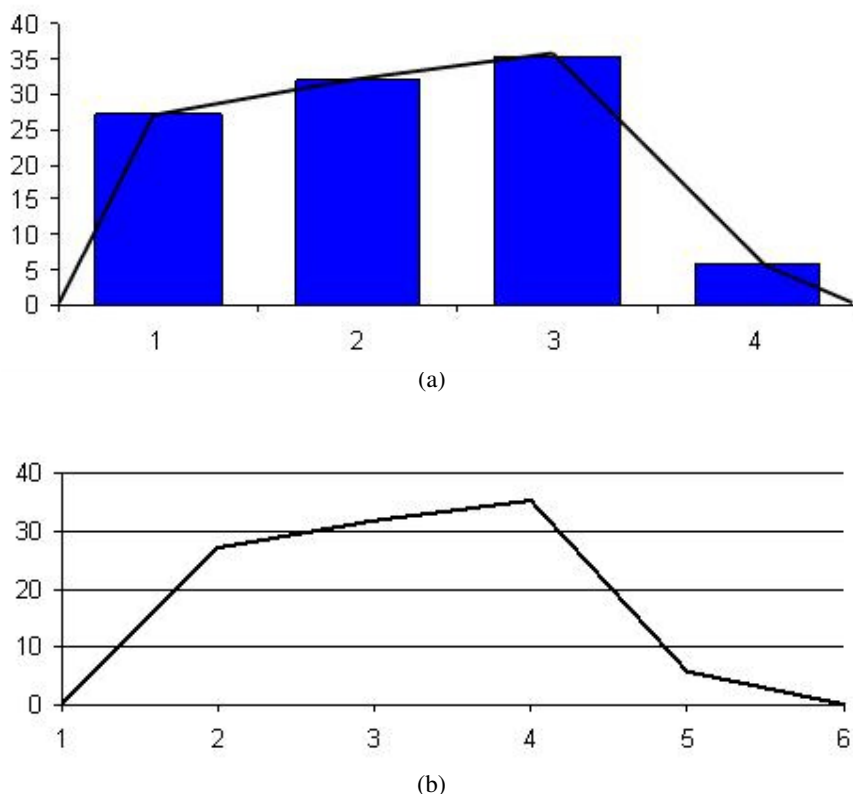
**Figura 3** – Curva ideal para duração de 5 meses.

Esta curva apresenta uma fase de mobilização, estabilização e desmobilização. Também contempla os prazos estipulados pela curva ideal, ou seja,  $1/3$ ,  $1/2$  e  $1/6$ , respectivamente para as fases citadas.

A quantidade de recursos máxima em termos de percentuais de valores, chamada de  $R_{\text{máx}}$  para esta curva ideal, é 33,33%.

Desta forma, todas as análises efetuadas buscaram verificar a semelhança das curvas reais com esta curva apresentada como ideal.

As curvas reais foram obtidas através de gráficos de barras, e posteriormente foi traçada uma linha no ponto médio de cada intervalo, como apresentado no exemplo da Figura 4 (a) para uma obra de 4 meses. Porém, na análise dos resultados as curvas foram apresentadas apenas com a linha, como apresentado na Figura 4 (b). A escala no eixo x desta figura apresenta um intervalo de dados, porém se refere aos mesmos 4 meses apresentados na Figura 4 (a).



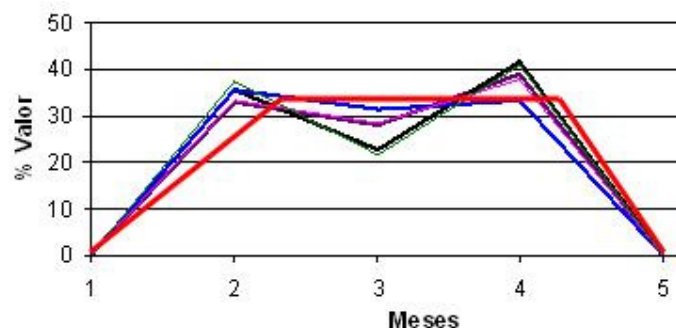
**Figura 4** – Curva de agregação representativa para uma obra de 4 meses.

## 4 ANÁLISE DE RESULTADOS

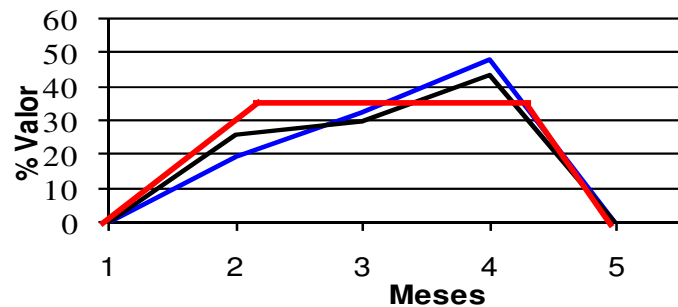
### 4.1 Residências com duração de quatro meses

Para as residências com duração de quatro meses, as curvas de agregação geradas são apresentadas na Figura 5 a seguir. Na representação, a curva de forma trapezoidal em vermelho, se refere a curva ideal, para verificar como as curvas encontradas se aproximam da mesma.

A configuração mais encontrada para residências com duração de quatro meses, foi a forma apresentada na Figura 5 (a), na qual é possível verificar um período de estabilização e outro de desmobilização, sem a fase de estabilização de recursos. Para algumas residências o  $R_{\text{máx}}$  é atingido no término do período de estabilização e na sequência a quantidade de recursos diminui consideravelmente. Em outras residências observa-se que o  $R_{\text{máx}}$  é atingido pouco antes do início da fase de desmobilização. Todas as residências apresentaram uma queda na disponibilização de recursos no decorrer da obra, mais especificamente na metade da duração da obra.



(a)



(b)

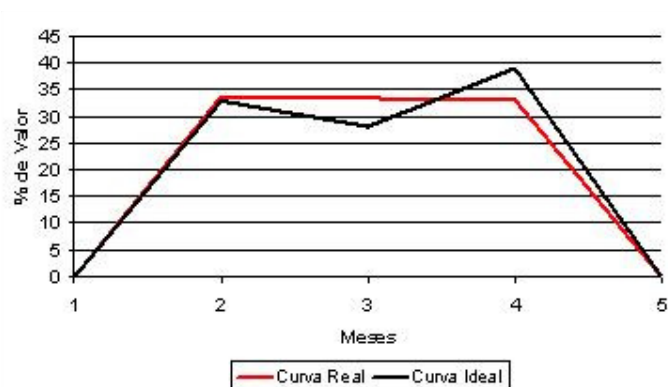
**Figura 5** – Curvas de agregação para residências com duração de quatro meses

Observa-se que o  $R_{m\acute{a}x}$ , que deveria estar em torno de 33,33% de acordo com a curva ideal, chega a atingir mais de 40% em algumas residências, enquanto que na fase onde deveria acontecer a estabilização de recursos, ou seja, em 33,33%, este percentual chega a atingir menos de 20%. Da mesma forma o  $R_{m\acute{a}x}$  é atingido antes do prazo contemplado pela curva ideal, ou seja, antes dos 1/3 da duração da obra.

Com relação as curvas apresentadas na Figura 5 (b) é possível constatar mais de uma fase de mobilização, sem atingir o patamar de estabilização. Obras com estas se caracterizam pelos exemplos de projetos complexos, como citado por Heineck (1990) onde durante a execução do projeto não se atinge a estabilidade, e tão logo termina a mobilização e já se inicia a desmobilização.

Fazendo uma análise nos cronogramas físicos- financeiros, é possível constatar que pequenos ajustes na distribuição dos serviços proporcionariam a disponibilização de recursos mais próximo do ideal, para as situações apresentadas na Figura 5 (a).

Foi efetuada uma alteração em alguns serviços, para uma residência da amostra de dados, e obteve os novos percentuais, que resultariam na curva chamada de ideal da Figura 6, para que fosse possível identificar as fases de mobilização, estabilização e desmobilização.



**Figura 6** – Curvas de agregação ideal para uma residências com duração de quatro meses

Para obtenção da curva ideal apresentada na Figura 6, foi necessário fazer alguns ajustes, como os apresentados na Tabela 1 a seguir.

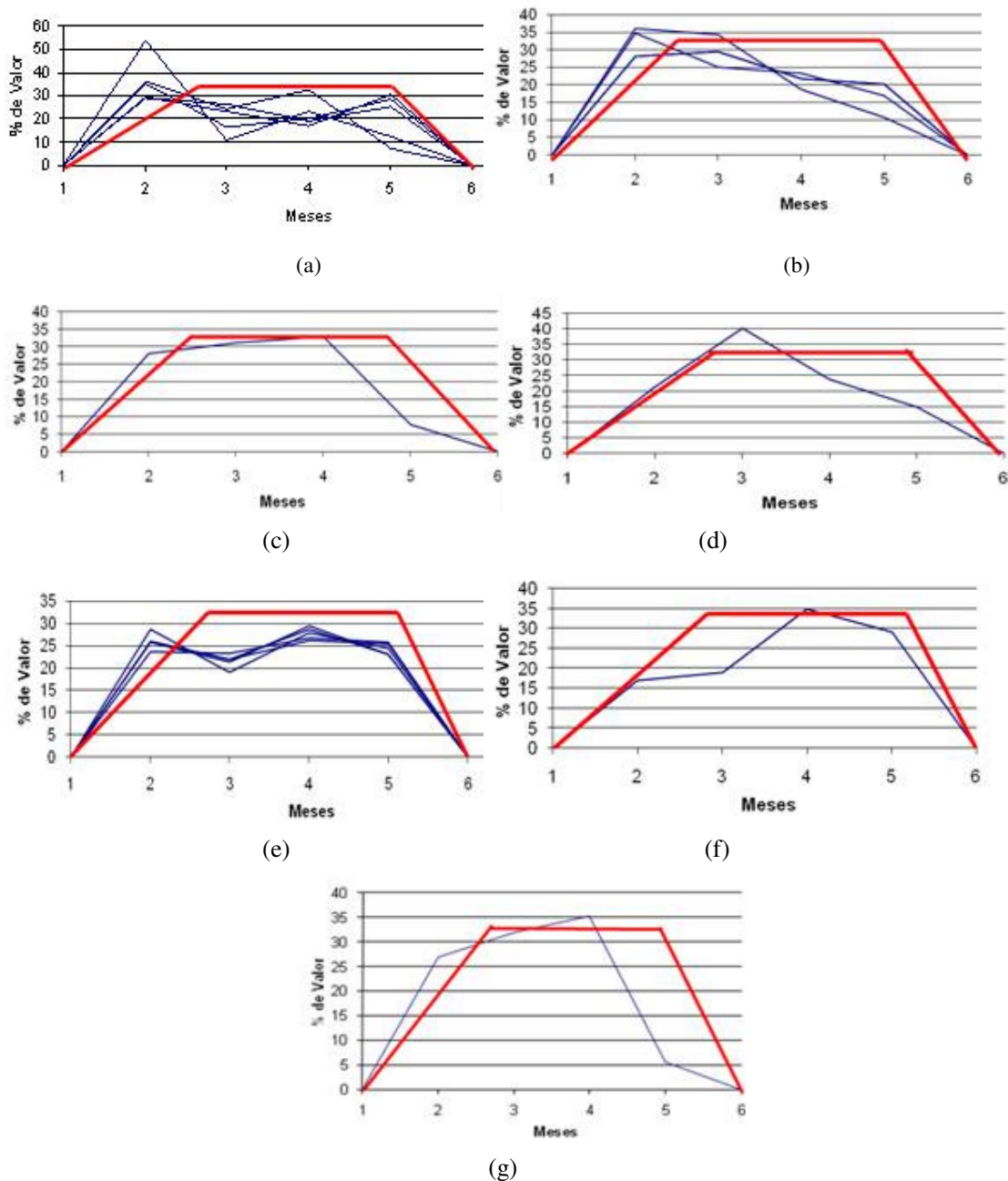
**Tabela 1** – Alterações efetuadas para ajuste da curva de agregação de recursos

Serviços	Programação apresentada	Programação proposta
Telhado	95% no segundo mês	100% no segundo mês
	5% no terceiro mês	
Revestimento Interno	30% no segundo mês	60% no segundo mês
	70% no terceiro mês	40% no terceiro mês
Revestimento Externo	30% no segundo mês	40% no segundo mês
	70% no terceiro mês	
Instalação Elétrica		60% no terceiro mês
	20% no primeiro mês	28% no primeiro mês
	45 % no segundo mês	62% no segundo mês
	35% no terceiro mês	10% no terceiro mês

Para o serviço de telhado, como a programação previa um pequeno percentual de execução no terceiro mês, efetuou-se a alteração da programação, adiantando o mesmo. Para manter o patamar de estabilização, percebeu que seria necessário aumentar o percentual de serviços a serem executados no segundo mês e evitar que se tivesse um acúmulo nos demais meses, resultando em valores acima do  $R_{máx}$ . Para isso foram efetuadas alterações nos serviços de revestimentos, tanto internos como externos, o que pode ser conseguido através do redimensionamento das equipes. Para que a nova curva de agregação de recursos se aproximasse da curva trapezoidal, ainda foram efetuados pequenos ajustes no serviço de instalação elétrica.

## 4.2 Residências com duração de cinco meses

Para as residências com duração de cinco meses, as curvas de agregação geradas são apresentadas na Figura 7 a seguir.



**Figura 7** – Curvas de agregação para residências com duração de cinco meses

Analisando as curvas reais e comparando com a curva ideal, é possível constatar nas curvas apresentadas na Figura 7 (a) o mesmo comportamento obtido para as obras com duração de quatro meses. Ou seja, a maioria das obras apresentou uma fase de mobilização, na sequência uma queda na quantidade de recursos necessários, em seguida uma nova mobilização e por fim a desmobilização, sem apresentar o patamar com consumo estabilizado de recursos.

Considerando que os cronogramas físicos-financeiros analisados foram apresentados para órgãos financiadores, pode-se justificar o pico de queda nos recursos apresentado. Isso porque a idéia é obter o máximo de recursos possíveis logo no início, pois o cliente muitas vezes não possui outra disponibilidade de recursos para execução da obra, e por isso, no mês seguinte propõem-se uma queda, por não ser possível manter a mesma disponibilidade de recursos, pelos serviços a serem executados.



As curvas apresentadas na Figura 7 (b) apresentam em alguns casos um pequeno patamar, porém se caracterizam pela necessidade de valores acima do  $R_{m\acute{a}x}$  ao final do período de mobilização, iniciando na sequência uma fase de desmobilização até o final da obra.

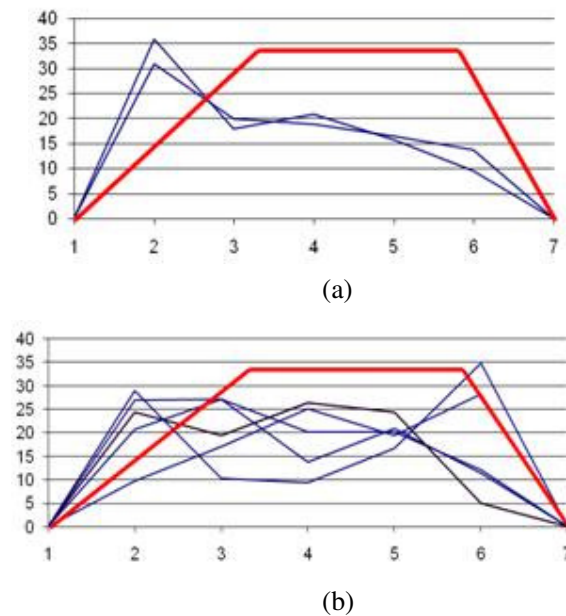
A curva apresentada na Figura 7 (c) apresenta a situação que mais se aproximou da curva ideal, assim como a apresentada na Figura 6 (g), porém esta última com necessidade de recursos máximos acima do  $R_{m\acute{a}x}$  ideal.

A curva apresentada na Figura 7 (d) apresenta o exemplo de um projeto complexo, onde durante a execução do projeto não se atinge a estabilidade, e tão logo termina a mobilização e já se inicia a desmobilização.

As curvas apresentadas na Figura 7 (e) e (f) apresentam situações com comportamento indefinido, sem patamar e vários picos na disponibilização de recursos.

### 4.3 Residências com duração de seis meses

Analisando as curvas obtidas para obras com duração de seis meses observa-se duas situações, como apresentado na Figura 8 a seguir.



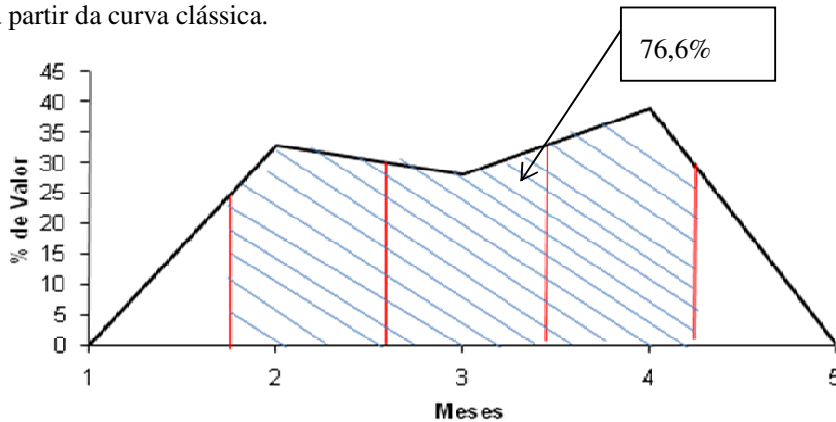
**Figura 8** – Curvas de agregação para residências com duração de sete meses

É possível constatar que todas as obras apresentam comportamento sem patamar de estabilização de recursos. Da mesma forma, é possível perceber vários picos de um mês para outro. A fase de mobilização termina muito antes do prazo preconizado pela curva ideal. Em termos de valores, não se observa valores muito acima do  $R_{m\acute{a}x}$  ideal, porém nas curvas da Figura 8 (a) a quantidade de recursos máxima é atingida logo no primeiro mês, assim com em várias obras apresentadas na (b).

### 4.4 Consumo de recursos

Analisando as curvas reais mais encontradas é possível constatar que 76,6% dos recursos são aplicados no 2º, 3º e 4º quintos da obra, com apresentado na Figura 9. Fazendo uma analogia com os valores apresentados por outros autores, é possível constar resultados semelhantes, ou seja, em um estudo semelhante realizado para cerca de 1000 edifícios residenciais chegou-se a conclusão que 75% dos recursos são aplicados no 2º, 3º e 4º quintos da obra.

Da mesma forma, Heineck (1990) analisando a curva clássica, comenta que nos 3 quintos internos do prazo de duração são aplicados 76,34% dos recursos totais do projeto. Assim, de maneira geral, é possível constatar que os valores obtidos da observação de casos reais concordam com aqueles obtidos a partir da curva clássica.



**Figura 9** – Curvas de agregação para residências com duração de sete meses

## 5 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste trabalho mostram a importância de se analisar a disponibilização de recursos sob a ótica das curvas de agregação de recursos. Foi possível constatar que é possível efetuar uma programação que contemple as fases de mobilização, estabilização e desmobilização através da distribuição de serviços e equipes durante a elaboração dos cronogramas.

É importante a análise destas programações através do uso de curvas de agregação de recurso para se buscar a execução de projetos sem picos, que prejudiquem o fluxo de caixa. Da mesma forma, altos consumos de recursos, acima do  $R_{máx}$  ideal, resultam em maior quantidade de serviços para serem gerenciados ao mesmo tempo, gerando interferências que podem prejudicar a programação e dificultar o gerenciamento da execução.

Pode-se constatar pela análise dos resultados, que pode estar acontecendo uma utilização dos cronogramas físicos-financeiros, não como uma forma de distribuição de recursos em função de uma programação efetuada, mas sim um ajuste da programação com base numa necessidade de solicitação de recursos. Isso justificaria o fato de que na maioria das obras logo no início se atinge uma quantidade de recursos acima do  $R_{máx}$ , sem se atingir patamar de escoamento.

Isso fica claro também nos casos onde se constatou que a programação inicia com a quantidade máxima de recursos, e na sequência inicia a desmobilização. Para estas situações não é possível apresentar uma justificativa técnica para este comportamento de disponibilização de recursos.

Resumidamente pode-se dizer que as curvas de agregação são importantes ferramentas para a programação e controle de projetos. E isto enfatiza a importância do assunto como tema de pesquisa para o aprimoramento dos processos de Programação e Controle de Projetos

## 6 REFERÊNCIAS

HEINECK, L.F.M. Inventário de aplicações da curva S no gerenciamento de produção civil: uma aplicação no controle de empreendimentos. In: X ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 1990, Belo Horizonte, **Anais**, Belo Horizonte, 1990, p. 736-741.

\_\_\_\_\_. **Curvas de agregação de recursos no planejamento e controle da edificação – aplicação a obras e a programas de construção**, 1990.

\_\_\_\_\_ **Curvas de agregação de recursos no planejamento e controle de edificações: aplicações a obras e a programas de construção**, Caderno Técnico, Porto Alegre, UFRGS, 1989.

SHTUB, A.; BARD, J.F. e Globerson, S. - Project management: engeneering, technology and implementation, New Jersey, Prentice Hall, 1994.

KERN, A. P. **Proposta de um modelo de planejamento e controle de custos de empreendimentos de construção**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) Universidade Federal de Rio Grande do Sul, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil. Porto Alegre, 2005.

KERN, A. P.; FORMOSO, C. T. Inter Integração dos setores de produção e orçamento na gestão de custos de empreendimentos de construção civil. In: III SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 2003, São Carlos. **Anais**, São Paulo, 2000, CD-ROM, 9 p.

KIM, Y.; BALLARD, G. Earned value method and customer earned value. Journal of Construction Research. Singapore, v. 3, n. 1, p.55-66, March, 2001.

NEALE, H; NEALE, D. **Construction planning**. London: Thomas Telford Ltda, 1989.160p.

## **7 AGRADECIMENTOS**

Os autores gostariam de agradecer o escritório Drabik Engenharia de Avaliações pelos cronogramas concedidos para a realização deste trabalho.