

## 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

### 4.1 Tempo de ciclo ideal

Uma vez determinado o tempo de ciclo ideal para cada atividade, é necessário analisar o comportamento dos índices de produtividade associados a este parâmetro.

Os resultados obtidos caracterizam o mapeamento das atividades pavimento a pavimento e esta simulação deverá ser confrontada com dados teóricos esperados. Pode-se observar que a distribuição de dados teóricos remete a uma função linear, uma vez que a índice de produtividade é constante.

O tempo de ciclo ideal permite que na planilha de simulação se visualize graficamente o somatório do tempo necessário à execução de cada pavimento, de maneira que seja traçada uma reta de inclinação, definida pelo valor determinado como índice de produtividade ideal ou tempo de ciclo ideal. A sobreposição dos valores obtidos através de simulação faz com que se apresentem duas curvas distintas e esta segunda curva não linear oscilará por sobre a primeira.

Desta forma, para melhor visualização da análise, optou-se por representar a comparação dos resultados teóricos aos resultados obtidos através de gráfico de barras.

O tempo de ciclo ideal é representado por barras vermelhas (figura 4.1) e o volume de cada barra representa o total de horas trabalhadas acumuladas, isto quer dizer que após a execução de cada pavimento haverá um acréscimo de horas a barra representativa do pavimento de referência.

Ligando-se as extremidades de cada barra nos pontos definidos como somatório de tempo de execução (neste caso o valor constante determinado como tempo de ciclo ideal), traça-se uma reta que servirá de limite para análise das perdas por atividade, ou seja, inicialmente será elaborado um gráfico por atividade.

Esta primeira análise será feita por atividade para identificar no processo a oscilação dos índices de produtividade individualmente. Desta maneira o problema será analisado desde um determinante pontual a sua forma macro, englobando várias atividades seqüenciadas.

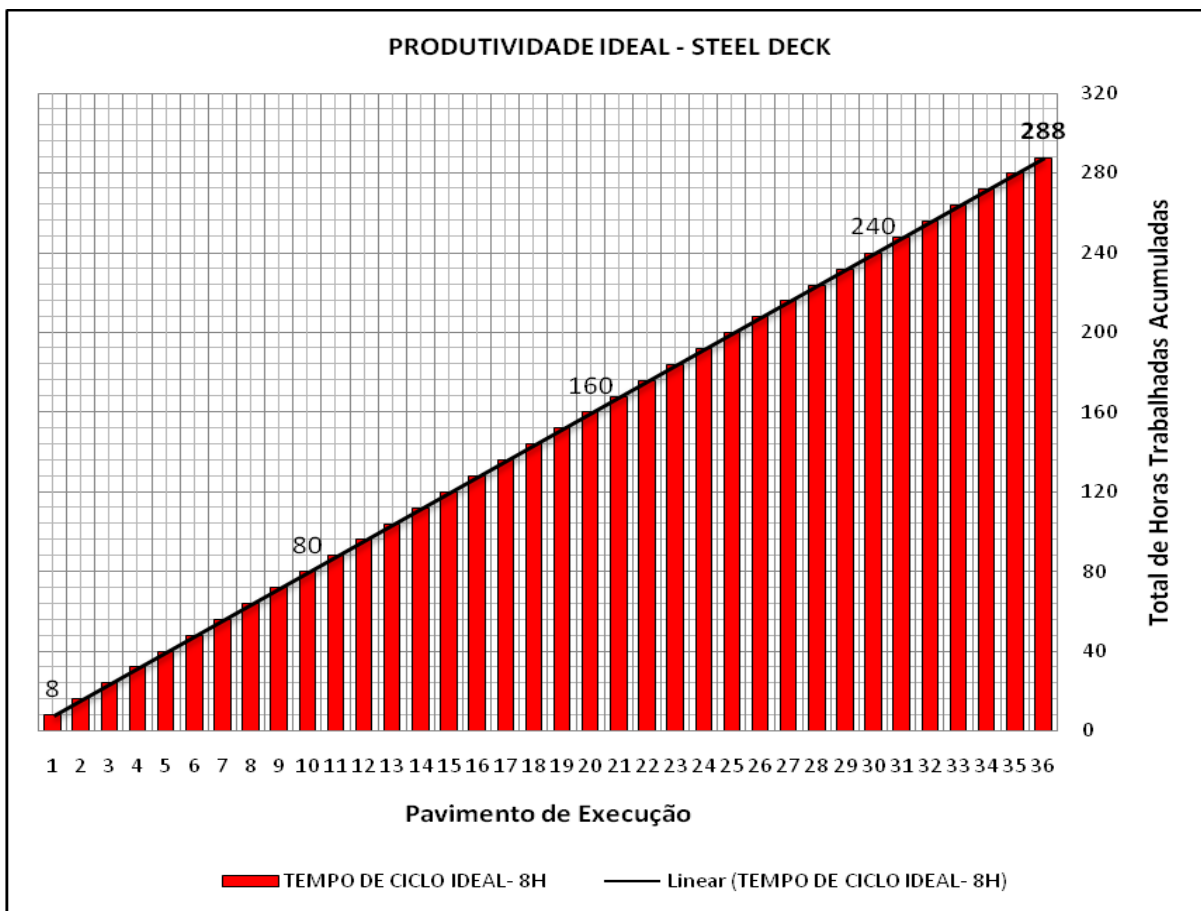


Figura 4.1: Tempo de ciclo ideal *steel deck*.

Na figura 4.1 observa-se o desenvolvimento da atividade *steel deck* pelo gráfico de barras. O gráfico representa o desenvolvimento da atividade através de uma análise ideal, onde o tempo de execução de cada pavimento é idêntico ao tempo de ciclo ideal, logo, não há perdas no processo.

O eixo horizontal representa o pavimento ao qual a atividade está sendo executada e o eixo vertical representa o acúmulo de horas necessárias para executar o número de pavimentos indicados no eixo horizontal. Desta maneira, observa-se que o pavimento 1 indica que a conclusão da execução da atividade neste pavimento ocorrerá após 8 (oito) horas de execução da atividade, o pavimento 2 indica que a conclusão da execução da atividade neste pavimento ocorrerá 16 (dezesesseis) horas após à execução dos pavimentos 1 e 2 e assim sucessivamente até que o pavimento 36 indique que a conclusão da execução da atividade neste pavimento ocorrerá 288 (duzentas e oitenta e oito) horas após à conclusão de 36 pavimentos em seqüência.

Uma reta corta o centro da extremidade de cada barra e limita os parâmetros de análise ao se sobreporem os dados de simulação. Dados sobrepostos abaixo da reta indicam a ocorrência de esperas e dados sobrepostos acima da reta indicam a ocorrência de atrasos.

No processo construtivo real, caso não haja compensação satisfatória entre as perdas ocorridas durante a execução da atividade, o gráfico tenderá a indicar com mais nitidez as medidas de atrasos, pois este fenômeno é mais recorrente no processo construtivo real. Na situação ideal, caso do gráfico apresentado na figura 4.1, a representação do índice de produtividade ideal é uma reta.

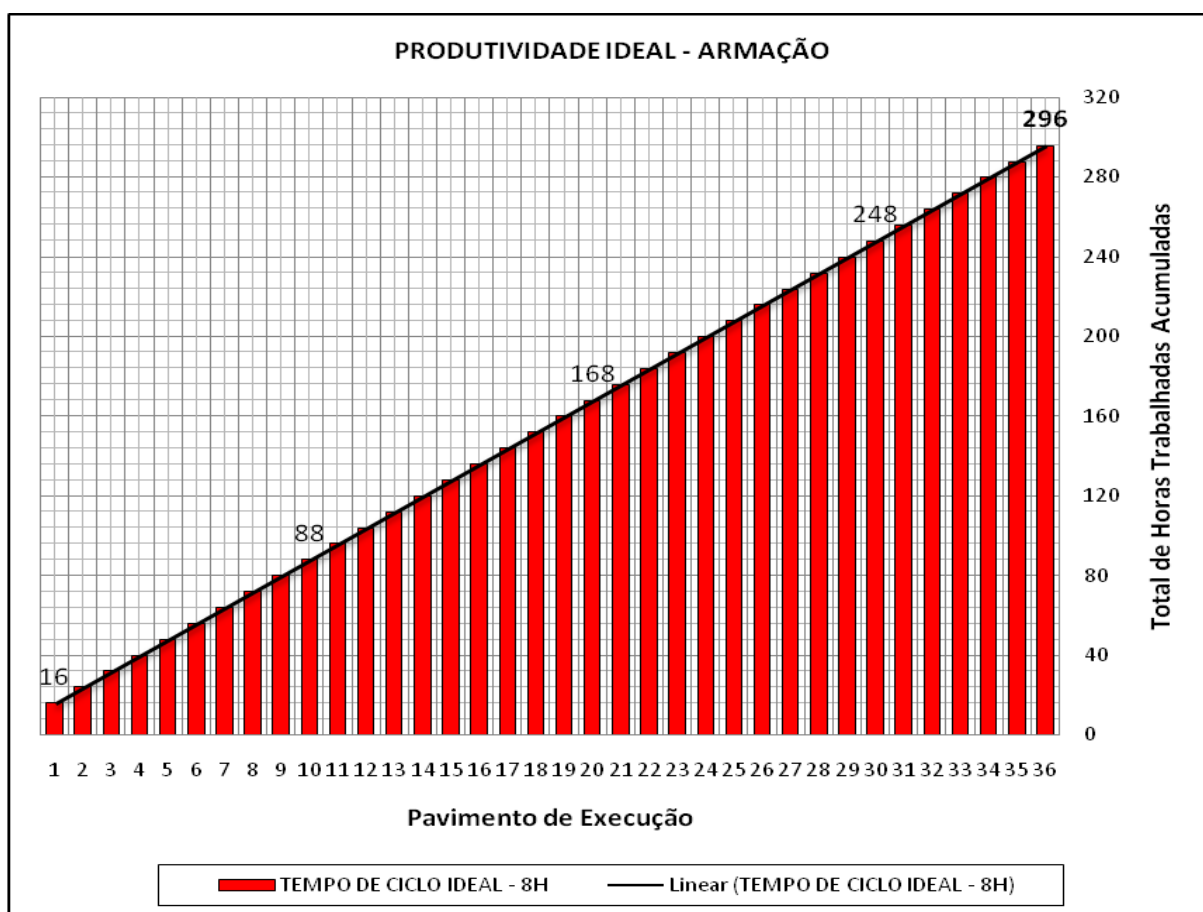


Figura 4.2: Tempo de ciclo ideal armação.

A figura 4.2 indica o tempo de ciclo ideal da atividade armação. Considerando que está sendo feita uma análise ideal e semelhante ao gráfico apresentado na figura 4.1, o eixo horizontal representa o pavimento ao qual a atividade está sendo executada e o eixo vertical representa o acúmulo de horas necessárias para executar o número de pavimentos indicados no eixo horizontal.

Assim, observa-se que o pavimento 1 indica que a conclusão da execução da atividade neste pavimento ocorrerá após 16 (dezesesseis) horas de execução da obra em somatório do tempo decorrido da atividade anterior e somado ao tempo necessário à execução da atividade no mesmo pavimento. O pavimento 2 indica que a conclusão da execução da atividade neste pavimento ocorrerá 24 (vinte e quatro) horas após à execução dos pavimentos 1 e 2 e assim sucessivamente até que o pavimento 36 indique que a conclusão da execução da atividade neste pavimento ocorrerá 296 (duzentas e noventa e seis) horas após à conclusão de 36 pavimentos em seqüência.

Uma reta corta o centro da extremidade de cada barra e limita os parâmetros de análise ao se sobrepor os dados de simulação. Dados sobrepostos abaixo da reta indicam a ocorrência de esperas e dados sobrepostos acima da reta indicam a ocorrência de atrasos.

Na verdade percebe-se que, por se tratar de uma situação ideal, onde não há atrasos ou esperas, a conclusão da atividade armação se encerrará sempre 8 horas após a conclusão do *steel deck*, ou seja, se encerrará de acordo com o tempo de ciclo ideal estabelecido para a atividade em execução ( $1^{\circ}$  pavimento = 16h = 8h + 8h /  $2^{\circ}$  pavimento = 24h = 16h + 8h /  $36^{\circ}$  pavimento = 296h = 288h + 8h).

Em análise semelhante, a figura 4.3 indica o tempo de ciclo ideal da atividade concretagem.

Observa-se que o pavimento 1 indica que a conclusão da execução da atividade neste pavimento ocorrerá após 24 (vinte e quatro) horas de execução da obra em somatório do tempo decorrido das atividades anteriores e somado ao tempo necessário à execução da atividade no mesmo pavimento. O pavimento 2 indica que a conclusão da execução da atividade neste pavimento ocorrerá 32 (trinta e duas) horas após à execução dos pavimentos 1 e 2 e assim sucessivamente até que o pavimento 36 indique que a conclusão da execução da atividade neste pavimento ocorrerá 304 (trezentas e quatro) horas após à conclusão de 36 pavimentos em seqüência.

Uma reta corta o centro da extremidade de cada barra e limita os parâmetros de análise ao se sobrepor os dados de simulação. Dados sobrepostos abaixo da reta indicam a ocorrência de esperas e dados sobrepostos acima da reta indicam a ocorrência de atrasos.

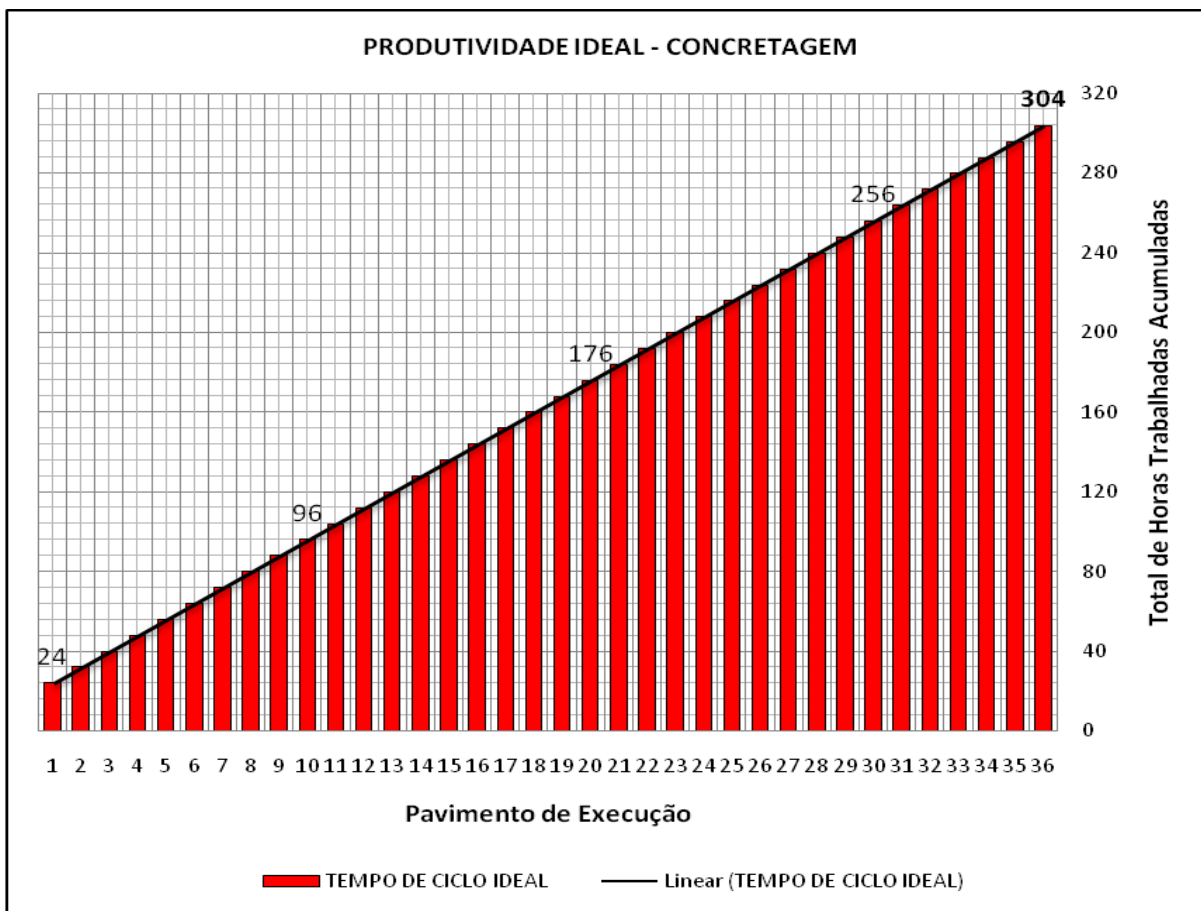


Figura 4.3: Tempo de ciclo ideal concretagem.

Na verdade percebe-se que, por se tratar de uma situação ideal, onde não há atrasos ou esperas, a conclusão da atividade concretagem se encerrará sempre 8 horas após a conclusão da armação, ou seja, se encerrará de acordo com o tempo de ciclo ideal estabelecido para a atividade em execução (1º pavimento = 24h = 16h + 8h / 2º pavimento = 32h = 24h + 8h / 36º pavimento = 304h = 296h + 8h).

## 4.2 Tempo de ciclo ideal x hora de término

A figura 4.4 mostra a sobreposição de dados extraída de uma possível amostra da tabela de simulação, onde as barras em azul correspondem à hora de término do *steel deck* oriundas da tabela.

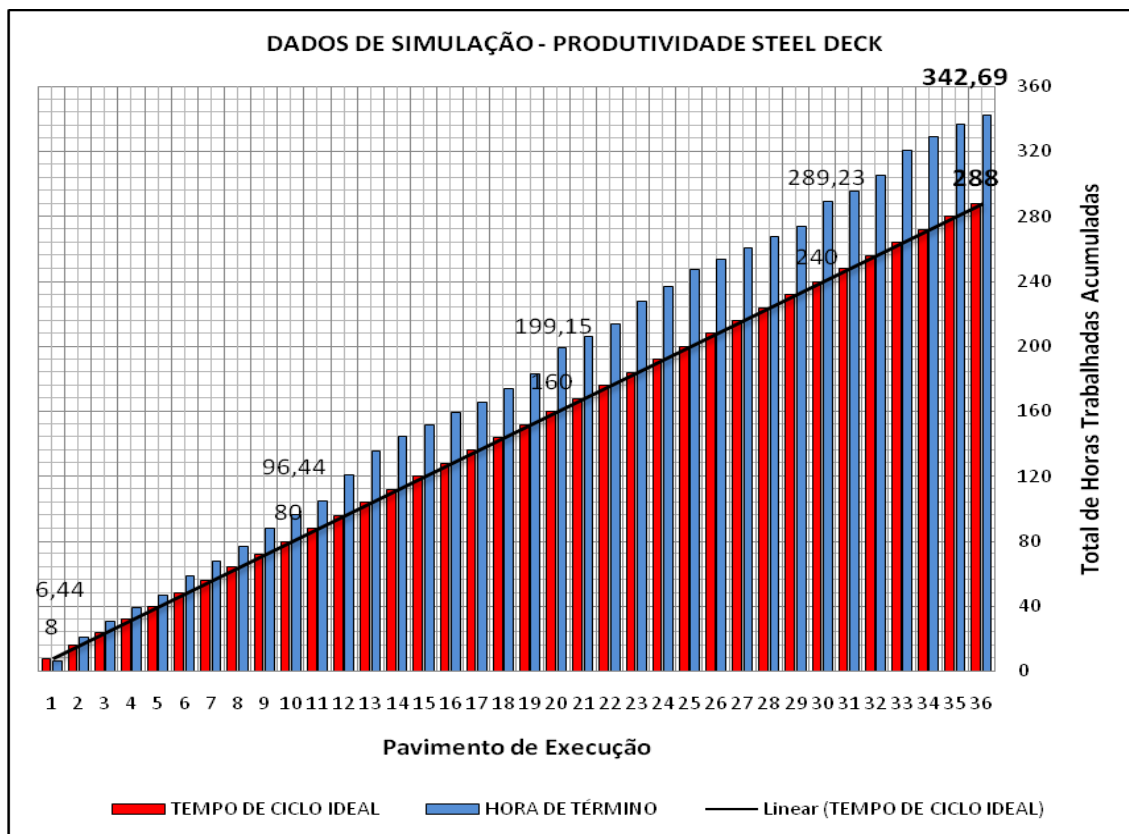


Figura 4.4: Tempo de ciclo ideal x hora de término: *steel deck*.

O gráfico apresentado na figura 4.4 permite que seja visualizado o que seria uma distribuição ideal sobreposta por uma distribuição simulada. Neste exemplo, os dados gerados em simulação indicam que a partir da execução do 5º pavimento as medidas de atrasos começaram a ser mais freqüentes e ainda que esta perda seja compensada pela ocorrência eventual de esperas, esta não foi suficiente para compensar a baixa produtividade.

Desta forma, ao finalizar a execução do 36º pavimento se percebe claramente o afastamento da margem ideal (reta de inclinação determinada pela produtividade ideal) estipulada para o tempo de execução da atividade por pavimento.

Para este exemplo o que se chama de tempo de ciclo ideal estipula forçosamente que o 36º pavimento seja terminado em 288 (duzentas e oitenta e oito) horas, mas o que ocorre é um acúmulo de atrasos e esperas por pavimento que resulta em uma medida final considerada apenas como atraso compensado.

Esta diferença é percebida por barras que ultrapassam a reta limite e apresenta valor total no pavimento 36 de 342,69 horas, o que equivale a 342 horas e 41 minutos necessários à execução de 36 pavimentos, ou seja, um atraso

compensado de 54,69 horas (71,09 horas referentes a atrasos e – 16,40 horas referentes a esperas), o que equivale a 54 horas e 41 minutos.

Em quantitativo de dias trabalhados pode-se dizer que houve um atraso no cronograma de aproximadamente 7 dias durante a execução do *steel deck*.

Atividade 1 - STELL DECK									
PAVIMENTO	TEMPO DE EXECUÇÃO STEEL DECK	HORA DE INÍCIO	DIA DE INÍCIO	HORA DE TÉRMINO	DIA DE TÉRMINO	TOTAL DE DIAS COMPLETOS TRABALHADOS (SEM O RESTO)	RESTO DE 8 H	ATRASO ACUMUL. STELL DECK	ESPERA ACUMUL. STELL DECK
1	6,44	0,00	1	6,44	1	0	0,00	0,00	-1,56
2	14,80	6,45	1	21,24	3	2	5,24	6,80	-1,56
36	6,01	336,69	43	342,69	43	42	6,69	71,09	-16,40

Quadro 4.1: Dados de referência do gráfico da figura 4.4 - tempo de ciclo ideal x hora de término: *steel deck*.

A seqüência de atrasos impacta diretamente na atividade posterior, pois, como mencionado anteriormente, é necessário que a atividade anterior termine para que a atividade seguinte seja iniciada. Deste modo, o atraso na execução do *steel deck* pode gerar atrasos na execução da armação caso esta perda não seja compensada pela ocorrência de esperas. Entretanto deve-se atentar que, apesar da medida final no cronograma ser reconhecida como atraso compensado (neste exemplo 54,69 horas), houve a ocorrência de atrasos e esperas.

Os atrasos foram responsáveis por uma perda de 71,09 horas e as esperas foram responsáveis por uma perda de 16,40 horas. Estas perdas são medidas de maneira isolada uma da outra e refletem o conceito de perdas acumuladas, que não deve ser ignorado no processo.

Apesar da medida final de atrasos ter sido compensada pelas esperas, apresentando um resultado geral inferior ao atraso acumulado ( $54,69h < 71,09h$ ) ocorreram dois tipos de perdas diferentes, que ocasionam efeitos diferentes na atividade seguinte.

É comum no processo construtivo real avaliar apenas o conceito de perdas compensadas, onde o foco se mantém sobre o efeito final sobre o cronograma, ou seja, o impacto das 54,69 horas de atrasos compensados dentro do conceito de

perdas compensadas. Este trabalho chama atenção para as perdas acumuladas no processo, seus efeitos e os possíveis custos envolvidos no processo construtivo, que ficam sombreados pela compensação dos índices de produtividade individuais de cada atividade.

Desta maneira, a ocorrência de atraso na atividade em execução sinaliza atraso no início da execução da atividade seguinte e a ocorrência de espera na atividade em execução sinaliza adiantamento do início da atividade seguinte. Isto não quer dizer que a atividade posterior imitará o comportamento da atividade em execução, pois esta possui índice de produtividade própria, mas reflete um cenário que deveria ser administrado pela gerência do empreendimento de modo mais criterioso.

A lógica seguida pela distribuição ideal permite afirmar no exemplo do quadro 4.1 que (em uma condição onde não há ocorrência de atrasos ou esperas entre as atividades) o tempo de ciclo ideal para a execução dos 36 pavimentos para cada atividade está definido. Ou seja, assim como a atividade de *steel deck* consumiria 288 horas de execução de obra para ser concluída em 36 pavimentos, a atividade de armação seria concluída 8 horas mais tarde, aumentando o tempo total para 296 horas de execução de obra e a atividade de concretagem seria concluída 16 horas após a finalização do *steel deck*, aumentando o tempo total para 304 horas de execução de obra.

Seguindo o exemplo da figura 4.4, seja a figura 4.5 representativa do impacto das perdas ocorridas na execução do *steel deck* e na execução da armação.

O gráfico apresentado na figura 4.5 mostra o que seria uma distribuição ideal sobreposta por uma distribuição simulada, onde a distribuição simulada está representada pela cor laranja. Nesta seqüência de execução de atividades, os dados gerados em simulação indicam que a partir da execução do pavimento 2 as medidas de atrasos começaram a ser mais freqüentes e ainda que esta perda seja compensada pela ocorrência eventual de esperas, esta não foi suficiente para compensar a baixa produtividade.



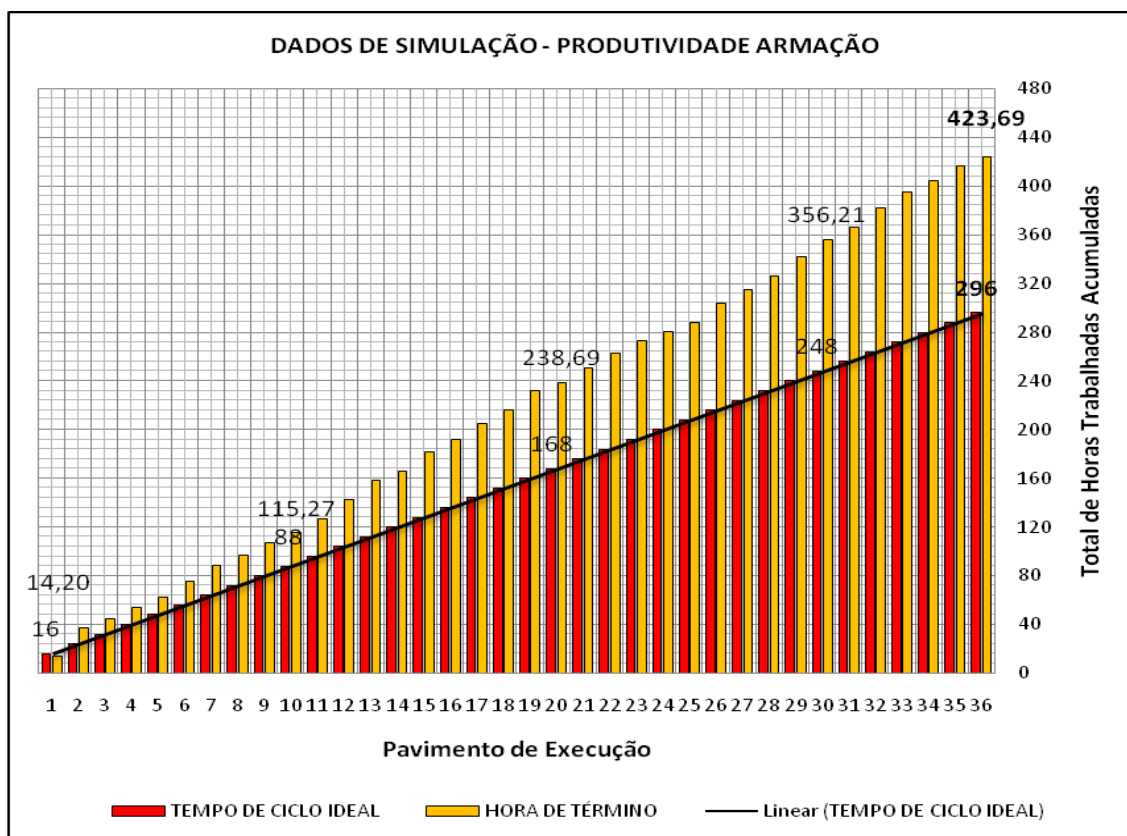


Figura 4.5: Tempo de ciclo ideal x hora de término: armação.

Ao finalizar a execução do 36º pavimento se percebe claramente o afastamento da margem (reta de inclinação determinada pela produtividade ideal) ideal estipulada para o tempo de execução da atividade por pavimento, assim como na análise da atividade anterior *steel deck*.

Para a atividade de armação o tempo de ciclo ideal estipula forçosamente que o pavimento 36 seja terminado em 296 horas, mas o que ocorre é um acúmulo de atrasos e esperas por pavimento que resulta em uma medida final considerada apenas como atraso (equivocadamente). A diferença indicada por barras que ultrapassam a reta limite apresenta valor total de tempo de execução no 36º pavimento de 423,69 horas, o que equivale a 423 horas e 41 minutos necessários à execução de 36 pavimentos, ou seja, um atraso compensado total de 127,69 horas o que equivale a 127 horas e 41 minutos.

Em quantitativo de dias trabalhados pode-se dizer que houve um atraso compensado no cronograma de aproximadamente 16 dias durante a execução do *steel deck* e da armação.

PAV	Atividade 2 - ARMAÇÃO									SALDO	
	TEMPO DE EXECUÇÃO ARMAÇÃO	HORA DE INÍCIO	DIA DE INÍCIO	HORA DE TÉRMINO	DIA DE TÉRMINO	TOTAL DE DIAS COMPLETOS TRABALHADOS (SEM O RESTO)	RESTO DE 8 H	ATRASSO ACUMUL. ARMAÇÃO	ESPERA ACUMUL. ARMAÇÃO	ATRASSO ACUMUL. TOTAL	ESPERA ACUMUL. TOTAL
1	7,75	6,45	1	14,20	2	1	6,20	0,00	-0,25	0,00	-1,81
2	16,00	21,25	3	37,25	5	4	5,25	8,00	-0,25	14,80	-1,81
36	7,09	416,6	53	423,69	53	52	7,69	126,84	-4,98	197,93	-21,39

Quadro 4.2: Dados de referência do gráfico da figura 4.5 - tempo de ciclo ideal x hora de término: armação.

De acordo com a figura 4.5, a atividade armação foi finalizada no 36º pavimento em 423,69 horas e o atraso compensado total foi de 127,69 horas. A figura 4.4 indica que a atividade *steel deck* foi finalizada no 36º pavimento em 342,69 horas. Esses números indicam que após a conclusão do *steel deck* no pavimento 36, todo o atraso gerado foi decorrente da execução da armação, ou seja, caso apenas a atividade *steel deck* estivesse sujeita a perdas e a atividade armação fosse executada em condições ideais, o tempo total de execução do 36º pavimento da atividade armação seria de 350,69 horas (342,69 horas + 8 horas).

Desta maneira, segue o cálculo referente aos atrasos decorrentes da execução da armação após a finalização da execução do *steel deck*:

- Tempo de execução do 36º pavimento da atividade armação - tempo de execução do 36º pavimento da atividade *steel deck* = 423,69 horas – 350,69 horas = 73 horas.

Isto quer dizer que finalizada a atividade *steel deck*, quando é concluído o 36º pavimento, a atividade armação prossegue ainda por 73 horas.

De posse deste valor, calcula-se também a parcela referente às perdas ocorridas durante a execução das duas atividades juntas.

- Valor das perdas indicado pelo gráfico após a finalização da armação (423,69 – 296 = 127,69) – atraso referente à execução da armação após a finalização do *steel deck* = 127,69 horas – 73 horas = 54,69 horas (valor atribuído ao somatório das perdas ocorridas durante a execução do *steel deck* e armação).

Do total de horas trabalhadas relativas à execução da armação obtidas da tabela, 126,84 horas são referentes a atrasos e – 4,98 horas são referentes a esperas, logo, o somatório das perdas nesta atividade é de 121,86 horas (126,84 horas - 4,98 horas). Subtraindo o valor atribuído como perda indicada unicamente da atividade de armação tem-se: 121,86 horas - 73 horas = 48,86 horas, que equivalem a perdas ocorridas simultaneamente à execução da atividade *steel deck* e armação.

Considerando que o valor apresentado como o atraso compensado após a execução do *steel deck* é de 54,69 horas e que 48,86 horas representam perdas ocorridas simultaneamente entre a execução da atividade *steel deck* e a atividade armação, percebe-se que a diferença entre esses dois valores corresponde às perdas ocorridas exclusivamente pelo *steel deck* quando esta atividade é executada

Esta diferença de 5,83 horas (54,69 horas – 48,86 horas) já é percebida no início da execução do 2º pavimento quando a hora de término da execução de armação no pavimento 1 aconteceu às 14,20 horas e o início da execução da armação no pavimento 2 só pôde acontecer às 21,25 horas, por um atraso decorrente da execução do *steel deck*.

Este valor também é indicado quando subtrai-se o valor correspondente ao somatório das perdas ocasionadas pela armação do valor correspondente ao somatório das perdas de todo o processo:

- Atraso decorrente da execução das atividades de *steel deck* e armação – atraso referente à execução da armação = 127,69 horas – 121,86 horas = 5,83 horas (valor atribuído apenas às perdas ocorridas durante a execução do *steel deck*).

Seja o atraso acumulado formado pelas seguintes parcelas: atraso isolado *STEEL DECK* + atraso isolado *ARMAÇÃO* + atraso conjunto *STEEL DECK* e *ARMAÇÃO*.

- Atraso isolado do *steel deck* (obtido através de cálculo) = 5,83 horas (4,57%);
- Atraso compensado do *steel deck* (obtido através de planilha) considerando a atividade em isolado = 54,69 horas;
- Atraso isolado da armação (obtido através de cálculo) = 73 horas (57,17%);
- Atraso compensado da armação (obtido através de planilha) considerando a atividade em isolado = 121,86 horas;

- Atraso entre as atividades *steel deck* e armação (obtido através de cálculo) = 48,86 horas (38,26%).
- Atraso do cronograma após a execução do *steel deck* e armação (indicado no gráfico) = 127,69 horas (5,83 horas + 73 horas + 48,86 horas)

O atraso compensado no cronograma após a execução do *steel deck* e da armação pode ser descrito como a soma das seguintes parcelas: **SD + AR + (SD & AR)**.

Embora o impacto direto sobre o cronograma após a execução da armação seja de 127,69 horas e 38,26% dessas perdas ocorram de maneira simultânea entre as atividades, a contabilidade dos custos inerentes a estas perdas deve ser feito de maneira isolada, por atividade, ou seja, para efeito das perdas devem-se analisar as perdas acumuladas no processo, onde os atrasos foram responsáveis por uma perda acumulada de 197,93 horas e as esperas foram responsáveis por uma perda acumulada de 21,39 horas.

Analisar as perdas de maneira pontual e de maneira global auxilia as fases de planejamento e gerenciamento do empreendimento. A visão pontual (perdas acumuladas) determina os custos envolvidos no processo quando uma atividade não se comporta como o “planejado”. É possível determinar a confiabilidade dos parâmetros envolvidos diretamente com o índice de produtividade determinado como ideal tais como, número de pessoas envolvidas nas equipes da frente de trabalho, área especificada como plataforma de trabalho, etc. Já a visão global (perdas compensadas) determina o comportamento do processo como um todo ou o comportamento da produtividade da atividade, por exemplo, se produtividade está abaixo ou acima dos índices determinados como parâmetros do processo e que medidas devem ser tomadas para corrigir os índices de produtividade.

Pode-se dizer que a visão das perdas acumuladas indica qual atividade é parte crítica do processo, pois este tipo de perda indica o índice real de atrasos e esperas por atividade dentro do empreendimento de maneira pontual.

Como seqüência, seja a figura 4.6 representativa do impacto das perdas ocorridas na execução da armação e na execução da concretagem.

O gráfico apresentado na figura 4.6 mostra o que seria uma distribuição ideal sobreposta por uma distribuição simulada, onde a distribuição simulada está representada pela cor verde. Nesta seqüência do exemplo anterior, os dados gerados em simulação indicam que a partir da execução do pavimento 1 as medidas

de atrasos começaram a ser mais freqüentes e ainda que esta perda seja compensada pela ocorrência eventual de esperas, esta não foi suficiente para compensar a baixa produtividade.

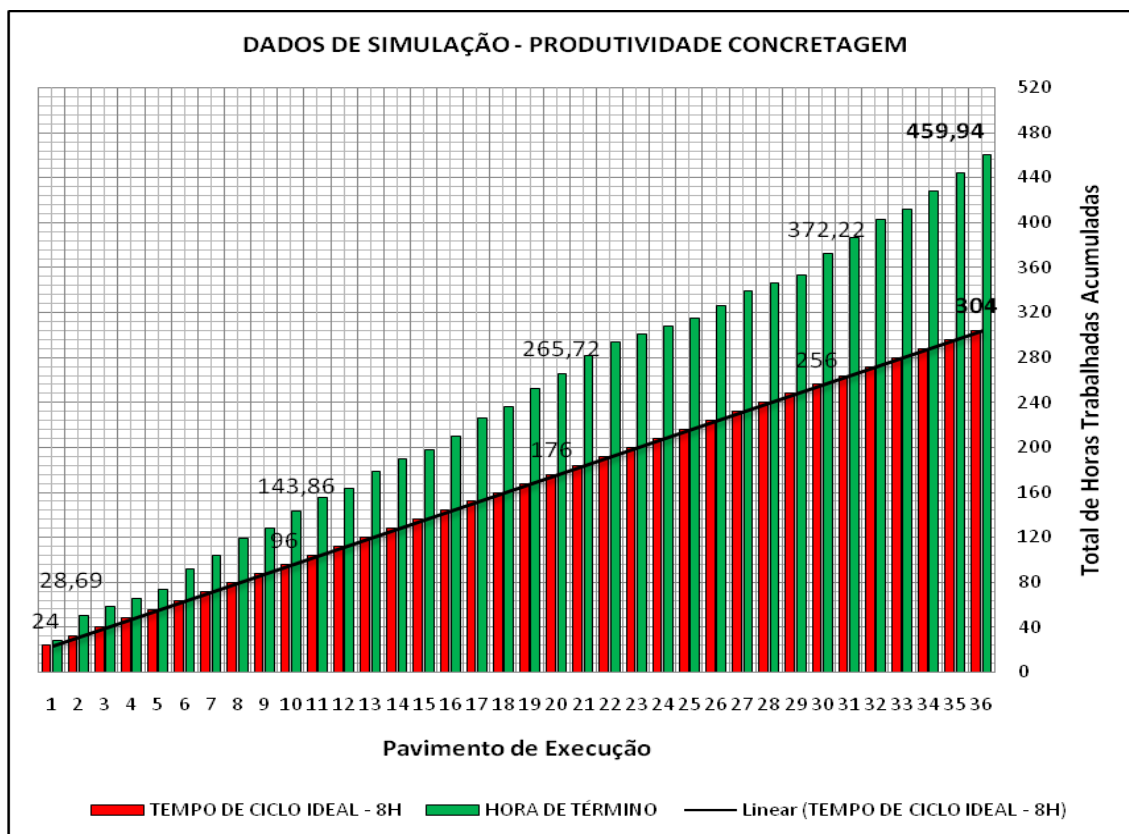


Figura 4.6: Tempo de ciclo ideal x hora de término: concretagem.

Ao finalizar a execução do 36º pavimento se percebe claramente o afastamento da margem ideal (reta de inclinação determinada pela produtividade ideal) estipulada para o tempo de execução da atividade por pavimento.

Para a atividade de concretagem o tempo de ciclo ideal estipula forçosamente que o pavimento 36 seja terminado em 304 horas, mas o que ocorre é um acúmulo de atrasos e esperas por pavimento que resulta em uma medida final considerada apenas como atraso (equivocadamente).

A diferença indicada por barras que ultrapassam a reta limite apresenta valor total no 36º pavimento de 459,94 horas, o que equivale a 459 horas e 56 minutos necessários à execução de 36 pavimentos, ou seja, um atraso compensado total de 155,94 horas o que equivale a 155 horas e 56 minutos.

PAV	Atividade 3 - CONCRETAGEM									SALDO	
	TEMPO DE EXECUÇÃO CONCRETAG	HORA DE INÍCIO	DIA DE INÍCIO	HORA DE TÉRMINO	DIA DE TÉRMINO	TOTAL DE DIAS COMPLETOS TRABALHADOS (SEM O RESTO)	RESTO DE 8 H	ATRASSO ACUMUL. CONCRETAG	ESPERA ACUMUL. CONCRETAG	ATRASSO ACUMUL. TOTAL	ESPERA ACUMUL. TOTAL
1	7,45	21,25	3	28,69	4	3	4,69	0,00	-0,55	0,00	-2,36
2	13,52	37,26	5	50,77	7	6	2,77	5,52	-0,55	20,31	-2,36
36	16,00	443,94	56	459,94	58	57	3,94	143,56	-6,56	341,50	-27,95

Quadro 4.3: Dados de referência do gráfico da figura 4.6 - tempo de ciclo ideal x hora de término: concretagem.

A diferença indicada por barras que ultrapassam a reta limite apresenta valor total no 36º pavimento de 459,94 horas, o que equivale a 459 horas e 56 minutos necessários à execução de 36 pavimentos, ou seja, um atraso compensado total de 155,94 horas o que equivale a 155 horas e 56 minutos.

Em quantitativo de dias trabalhados pode-se dizer que houve um atraso compensado no cronograma de aproximadamente 20 dias durante a execução do *steel deck*, da armação e da concretagem.

De acordo com a figura 4.6, a atividade concretagem foi finalizada no 36º pavimento em 459,94 horas e o atraso compensado total foi de 155,94 horas. A figura 4.5 indica que a atividade armação foi finalizada no 36º pavimento em 423,69 horas. Esses números indicam que após a conclusão da armação no pavimento 36, todo o atraso gerado foi decorrente da execução da concretagem, ou seja, caso apenas as atividades *steel deck* e armação estivessem sujeitas a perdas e a atividade concretagem fosse executada em condições ideais, o tempo total de execução do 36º pavimento da atividade concretagem seria de 431,69 horas (423,69 horas + 8 horas).

Desta maneira, segue o cálculo referente aos atrasos decorrentes da execução da concretagem após a finalização da execução da armação:

- Tempo de execução do 36º pavimento da atividade concretagem - tempo de execução do 36º pavimento da atividade armação = 459,94 horas – 431,69 horas = 28,25 horas.

Isto quer dizer que finalizada a atividade armação, quando é concluído o 36º pavimento, a atividade concretagem prossegue ainda por 28,25 horas.

De posse deste valor, calcula-se também a parcela referente às perdas ocorridas durante a execução das duas atividades juntas.

- Valor das perdas indicado pelo gráfico após a finalização da armação ( $459,94 - 304 = 155,94$ ) – atraso referente à execução da concretagem após a finalização da armação =  $155,94 \text{ horas} - 28,25 \text{ horas} = 127,69$  horas (valor atribuído ao somatório das perdas ocorridas durante a execução da armação e concretagem).

Do total de horas trabalhadas relativas à execução da concretagem obtidas da tabela, 143,56 horas são referentes a atrasos e – 6,56 horas são referentes a esperas, logo, o somatório das perdas nesta atividade é de 137 horas ( $143,56 \text{ horas} - 6,56 \text{ horas}$ ). Subtraindo o valor atribuído como perda indicada unicamente da atividade de concretagem tem-se:  $137 \text{ horas} - 28,25 \text{ horas} = 108,75 \text{ horas}$ , que equivalem a perdas ocorridas simultaneamente à execução das atividades *steel deck*, armação e concretagem.

Considerando que o valor apresentado como o atraso compensado após a execução da armação é de 121,86 horas e que 108,75 horas representam perdas ocorridas simultaneamente entre a execução das atividades *steel deck*, armação e a atividade concretagem, percebe-se que a diferença entre esses dois valores corresponde às perdas ocorridas exclusivamente pela armação quando esta atividade é executada

Esta diferença de 13,11 horas ( $121,86 \text{ horas} - 108,75 \text{ horas}$ ) já é percebida no início da execução da concretagem no 1º pavimento quando a hora de término da execução de armação no 1º pavimento aconteceu às 14,20 horas e o início da execução da concretagem no 1º pavimento só pôde acontecer às 21,25 horas.

O início da seqüência de atrasos tem origem na execução do 2º pavimento, quando a atividade *steel deck* atrasa sua finalização. O término da execução de armação no 1º pavimento aconteceu às 14,20 horas e o início da execução da armação no 2º pavimento só pôde acontecer às 21,25 horas.

Apesar da atividade armação não ter sido a origem do atraso, ela impacta sobre a atividade concretagem de maneira indireta. Esta atividade é o elo entre as atividades *steel deck* e concretagem e por meio dela as perdas são propagadas

(atrasos e esperas) de uma atividade à outra, mesmo que estas não estejam ligadas diretamente.

Esta ação indireta por muitas vezes oculta a origem da perda, tornando difícil a identificação do ponto onde o processo se afasta das taxas de produtividade ideais estipuladas ainda na fase de planejamento. Desta forma, agrupar atividades aos pares torna a análise do processo mais clara, pois neste caso, por exemplo, pôde-se identificar a perda associada à atividade concretagem originada ainda na atividade *steel deck*, por meio de uma atividade em comum: a armação.

Seja o atraso acumulado formado pelas seguintes parcelas: atraso isolado *STEEL DECK* + atraso isolado *ARMAÇÃO* + atraso isolado *CONCRETAGEM* + atraso conjunto *STEEL DECK*, *ARMAÇÃO* e *CONCRETAGEM*.

- Atraso isolado do *steel deck* (obtido através de cálculo) = 5,83 horas (3,74%);
- Atraso isolado da armação (obtido através de cálculo) = 13,11 horas (8,40%);
- Atraso isolado da concretagem (obtido através de cálculo) = 28,25 horas (18,12%);
- Atraso compensado do *steel deck* (obtido através de planilha) considerando a atividade em isolado = 54,69 horas;
- Atraso compensado da armação (obtido através de planilha) considerando a atividade em isolado = 121,86 horas;
- Atraso compensado da concretagem (obtido através de planilha) considerando a atividade em isolado = 137 horas;
- Atraso entre as atividades *steel deck*, armação e concretagem (obtido através de cálculo) = 108,75 horas (69,74%).
- Atraso do cronograma após a execução do *steel deck*, armação e concretagem (indicado no gráfico) = 155,94 horas (5,83 horas + 13,11 horas + 28,25 horas + 108,75 horas)

O atraso compensado no cronograma após a execução do *steel deck* e da armação pode ser descrito como a soma das seguintes parcelas: **SD + AR + CC (SD & AR & CC)**.

A análise dos saldos extraídos do exemplo citado remetem ao seguinte cenário:



- Desperdício isolado do *STEEL DECK*: 5,83 horas / 01 dia.
- Desperdício medido ao final da execução do *STEEL DECK*: 54,69 horas / 07 dias.
- Desperdício isolado da ARMAÇÃO: 13,11 horas / 2 dias.
- Desperdício medido ao final da execução da ARMAÇÃO: 127,69 horas / 16 dias.
- Desperdício isolado da CONCRETAGEM: 28,25 horas / 4 dias.
- Desperdício gerado ao final da execução da CONCRETAGEM: 155,94 horas / 20 dias.

Isto quer dizer que das três atividades analisadas no exemplo, a atividade que apresentou maior atraso acumulado foi a atividade concretagem, seguida da armação. A atividade que apresentou maior atraso isolado também foi a atividade concretagem.

A compensação entre as atividades foi tamanha que o atraso acumulado final foi medido em 155,94 horas, o que significa que, neste caso, a ocorrência de esperas entre as três atividades não foi suficiente para cobrir os atrasos ocorridos na execução das atividades por pavimento e este atraso acumulado representa 51,30% do tempo ideal estipulado para finalização da obra.

Os dados obtidos e confrontados entre as atividades indicam a medida final de atraso acumulado, pois esta análise engloba o tempo de execução da atividade, logo, apesar da ocorrência de esperas durante a execução das atividades, os dados extraídos na análise refletem uma perda compensada de maior proporção na execução da concretagem. Embora a concretagem tenha se encerrado apenas 36,25 horas (459,94 horas – 423,69 horas) após o encerramento da armação, esta apresenta maior ocorrência de atrasos e esperas, conforme dados fornecidos pela tabela.

Desta forma, significa dizer que a execução da atividade *steel deck* manteve índices de produtividade mais equilibrados com o tempo estabelecido como tempo de ciclo ideal para esta atividade, o oposto ao ocorrido com a execução da atividade da concretagem.

#### 4.2.1 Outras análises: tempo de ciclo ideal x hora de término

O exemplo anterior direciona a apenas um caso entre as várias possibilidades de apresentação do problema, uma vez que os tempos de execução de cada pavimento são dados extraídos através de simulação em planilha que utiliza a função qui-quadrado como ferramenta auxiliar.

Este estudo não visa direcionar seu foco apenas a análise de atrasos acumulados, mas antes procura focar as perdas ocorridas no processo, sejam estas atrasos ou esperas. Ainda propõe analisar estas perdas pontualmente por atividade e a maneira como se comportam no processo.

Para tanto, foram selecionados cinco casos aleatórios com dados gerados através de simulação da planilha elaborada nos capítulos anteriores e para cada um será feita uma breve análise de resultados, buscando descrever o comportamento de cada atividade caso os dados utilizados nesta situação ideal fossem dados recolhidos de campo, ou seja, como se fossem dados extraídos de uma situação real ligados ao processo construtivo convencional. As cinco planilhas correspondentes podem ser visualizadas no Anexo C.

Para cada caso serão utilizados três gráficos de dados interligados entre si: Atividade 1 – *Steel Deck*, Atividade 2 – Armação e Atividade 3 – Concretagem.

##### ➤ **Caso 01:**

PAVIMENTO	Atividade 1 - STELL DECK								
	TEMPO DE EXECUÇÃO STEEL DECK	HORA DE INÍCIO	DIA DE INÍCIO	HORA DE TÉRMINO	DIA DE TÉRMINO	TOTAL DE DIAS COMPLETOS TRABALHADOS (SEM O RESTO)	RESTO DE 8 H	ATRASO ACUMUL. STELL DECK	ESPERA ACUMUL. STELL DECK
<b>1</b>	16,00	0,00	1	16,00	3	2	0,00	<b>8,00</b>	<b>0,00</b>
<b>2</b>	9,67	16,01	3	25,67	4	3	1,67	<b>9,67</b>	<b>0,00</b>
<b>36</b>	15,58	389,56	49	405,13	51	50	5,13	<b>123,37</b>	<b>-6,24</b>

Quadro 4.4: Dados de referência do gráfico da figura 4.7 – Caso 1.

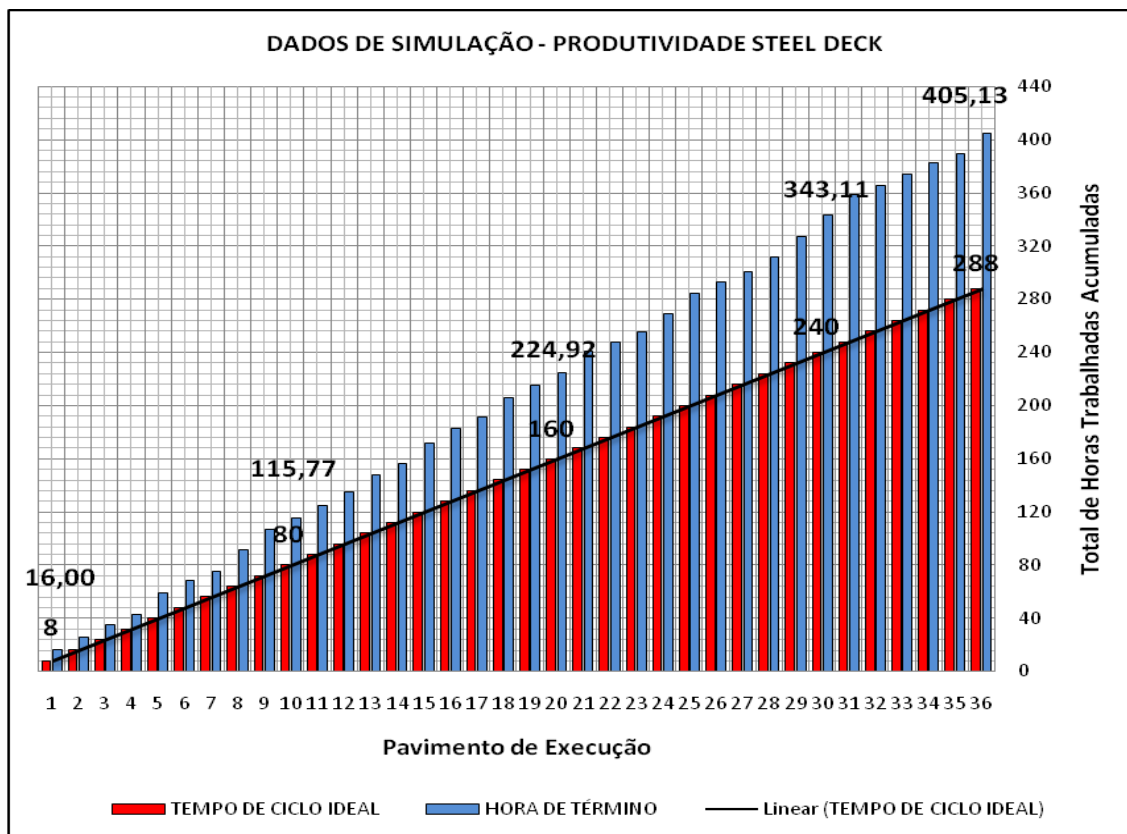


Figura 4.7: Tempo de ciclo ideal x hora de término: *steel deck* – Caso 01.

**Tempo Total de Execução:** 405,13 horas, **Atrasos:** 123,37 horas e **Esperas:** - 6,24 horas.

Análise de resultados caso 1 após a finalização do 36º pavimento de *steel deck*:

- ✓ Tempo de execução total Atividade 1 – *Steel Deck*: 405,13 horas.
- ✓ Atrasos: 123,37 horas.
- ✓ Esperas: - 6,24 horas.
- ✓ Tempo ideal estimado: 288,00 horas.
- ✓ Cálculo:  $288,00 + 123,37 - 6,24 = 405,13$  horas.

No gráfico referente à atividade *steel deck* a diferença percebida por barras que ultrapassam a reta limite apresenta valor total no 36º pavimento de 405,13 horas, o que equivale a 405 horas e 8 minutos necessários à execução de 36 pavimentos, ou seja, um atraso compensado de 117,13 horas ( $123,37 - 6,24$ ), o que equivale a 117 horas e 8 minutos.

Em quantitativo de dias trabalhados pode-se dizer que houve um atraso compensado no cronograma de aproximadamente 15 dias.

Atividade 2 - ARMAÇÃO										SALDO	
PAV	TEMPO DE EXECUÇÃO ARMAÇÃO	HORA DE INÍCIO	DIA DE INÍCIO	HORA DE TÉRMINO	DIA DE TÉRMINO	TOTAL DE DIAS COMPLETOS TRABALHADOS (SEM O RESTO)	RESTO DE 8 H	ATRASSO ACUMUL. ARMAÇÃO	ESPERA ACUMUL. ARMAÇÃO	ATRASSO ACUMUL. TOTAL	ESPERA ACUMUL. TOTAL
1	9,12	16,01	3	25,13	4	3	1,13	1,12	0,00	9,12	0,00
2	7,34	25,68	4	33,02	5	4	1,02	1,12	-0,66	10,79	-0,66
36	8,70	424,34	54	433,04	55	54	1,04	94,23	-8,56	217,60	-14,80

Quadro 4.5: Dados de referência do gráfico da figura 4.8 – Caso 1.

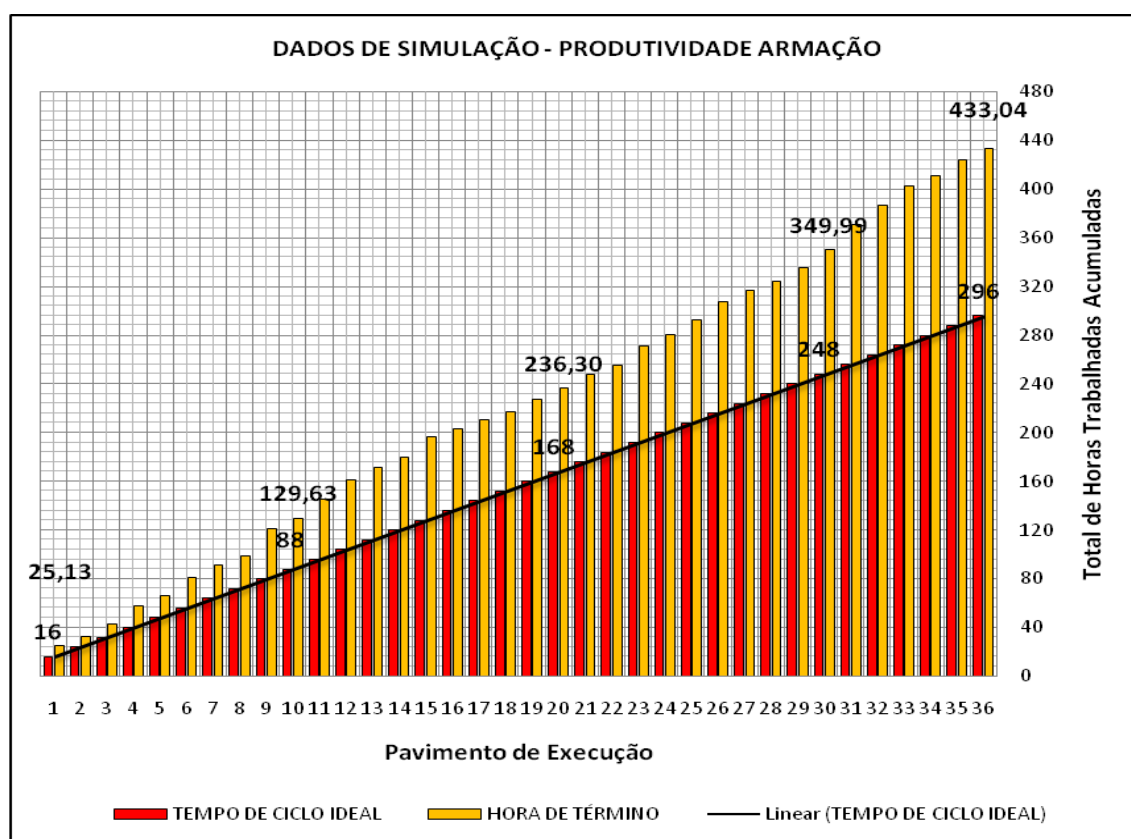


Figura 4.8: Tempo de ciclo ideal x hora de término: armação – Caso 01.

**Tempo Total de Execução:** 433,04 horas, **Atrassos:** 94,23 horas e **Esperas:** - 8,56 horas.

Análise de resultados caso 1 após a finalização do 36º pavimento de armação:

- ✓ Tempo de execução total Atividade 2 – Armação: 433,04 horas.

- ✓ Atrasos: 94,23 horas.
- ✓ Esperas: - 8,56 horas.
- ✓ Tempo ideal estimado: 296,00 horas.
- ✓ Cálculo:  $296,00 + 94,23 - 8,56 = 381,67$  horas.

No gráfico referente à atividade armação a diferença percebida por barras que ultrapassam a reta limite apresenta valor total no 36º pavimento de 433,04 horas, o que equivale a 433 horas e 3 minutos necessários à execução de 36 pavimentos, ou seja, um atraso compensado de 137,04 horas ( $433,04 - 296$ ), o que equivale a 137 horas e 3 minutos.

Em quantitativo de dias trabalhados pode-se dizer que houve um atraso compensado no cronograma de aproximadamente 18 dias.

O valor calculado de 381,67 horas difere do valor apresentado pelo gráfico, que indica 433,04 horas, sendo esta diferença de 51,37 horas.

A diferença apresentada tem um significado importante, pois estas 51,37 horas representam a influência direta da execução do *steel deck* sobre a armação, ou seja, é o tempo contabilizado quando a frente de trabalho da armação está preparada para iniciar a execução do pavimento, mas é impedida pela frente de trabalho do *steel deck*, que atrasou a execução do mesmo.

Este mesmo cálculo pode ser apresentado de maneira semelhante ao exemplo analisado no item 4.2 onde se analisam as perdas decorrentes da execução da armação após a finalização da execução do *steel deck*:

- ❖ **1º Passo:** Tempo de execução do 36º pavimento da atividade armação - tempo de execução do 36º pavimento da atividade *steel deck* =  $433,04$  horas -  $(405,13+8)$  horas = 19,91 horas. Isto quer dizer que finalizada a atividade *steel deck*, quando é concluído o 36º pavimento, a atividade armação prossegue ainda por 19,91 horas.
- ❖ **2º Passo:** Valor das perdas indicado pelo gráfico após a finalização da armação ( $433,04 - 296 = 137,04$ ) - atraso referente à execução da armação após a finalização do *steel deck* =  $137,04$  horas - 19,91 horas = 117,13 horas (valor atribuído ao somatório das perdas ocorridas durante a execução do *steel deck* e armação).
- ❖ **3º Passo:** Do total de horas trabalhadas relativas à execução da armação obtidas da tabela, 94,23 horas são referentes a atrasos e - 8,56 horas são referentes a esperas, logo, o somatório das perdas nesta atividade

é de 85,67 horas (94,23 horas – 8,56 horas). Subtraindo o valor atribuído como perda indicada unicamente da atividade de armação tem-se: 85,67 horas – 19,91 horas = 65,76 horas, que equivalem a perdas ocorridas simultaneamente à execução da atividade *steel deck* e armação.

❖ **4º Passo:** Considerando que o valor apresentado como o atraso compensado após a execução do *steel deck* é de 117,13 horas e que 65,76 horas representam perdas ocorridas simultaneamente entre a execução da atividade *steel deck* e a atividade armação, percebe-se que a diferença entre esses dois valores corresponde às perdas ocorridas exclusivamente pelo *steel deck* quando esta atividade é executada, ou seja, 51,37 horas.

Seja o atraso acumulado formado pelas seguintes parcelas: atraso isolado *STEEL DECK* + atraso isolado *ARMAÇÃO* + atraso conjunto *STEEL DECK* e *ARMAÇÃO*.

- Atraso isolado do *steel deck* (obtido através de cálculo) = 51,37 horas (37,49%);
- Atraso compensado do *steel deck* (obtido através de planilha) considerando a atividade em isolado = 117,13 horas;
- Atraso isolado da armação (obtido através de cálculo) = 19,91 horas (14,53%);
- Atraso compensado da armação (obtido através de planilha) considerando a atividade em isolado = 85,67 horas;
- Atraso entre as atividades *steel deck* e armação (obtido através de cálculo) = 65,76 horas (47,98%).
- Atraso do cronograma após a execução do *steel deck* e armação (indicado no gráfico) **SD + AR + (SD & AR)** = 137,04 horas (51,37 horas + 19,91 horas + 65,76 horas)

Embora o impacto direto sobre o cronograma após a execução da armação seja de 137,04 horas e 47,98% dessas perdas ocorram de maneira simultânea entre as atividades, os atrasos foram responsáveis por uma perda acumulada de 217,60 horas e as esperas foram responsáveis por uma perda acumulada de 14,80 horas.

PAV	Atividade 3 - CONCRETAGEM									SALDO	
	TEMPO DE EXECUÇÃO CONCRETAG	HORA DE INÍCIO	DIA DE INÍCIO	HORA DE TÉRMINO	DIA DE TÉRMINO	TOTAL DE DIAS COMPLETOS TRABALHADOS (SEM O RESTO)	RESTO DE 8 H	ATRASO ACUMUL. CONCRETAG	ESPERA ACUMUL. CONCRETAG	ATRASO ACUMUL. TOTAL	ESPERA ACUMUL. TOTAL
1	9,25	25,68	4	34,93	5	4	2,93	1,25	0,00	10,37	0,00
2	11,46	34,94	5	46,40	6	5	6,40	4,71	0,00	15,50	-0,66
36	6,66	434,04	55	440,69	56	55	0,69	97,93	-5,60	315,53	-20,40

Quadro 4.6: Dados de referência do gráfico da figura 4.9 – Caso 1.

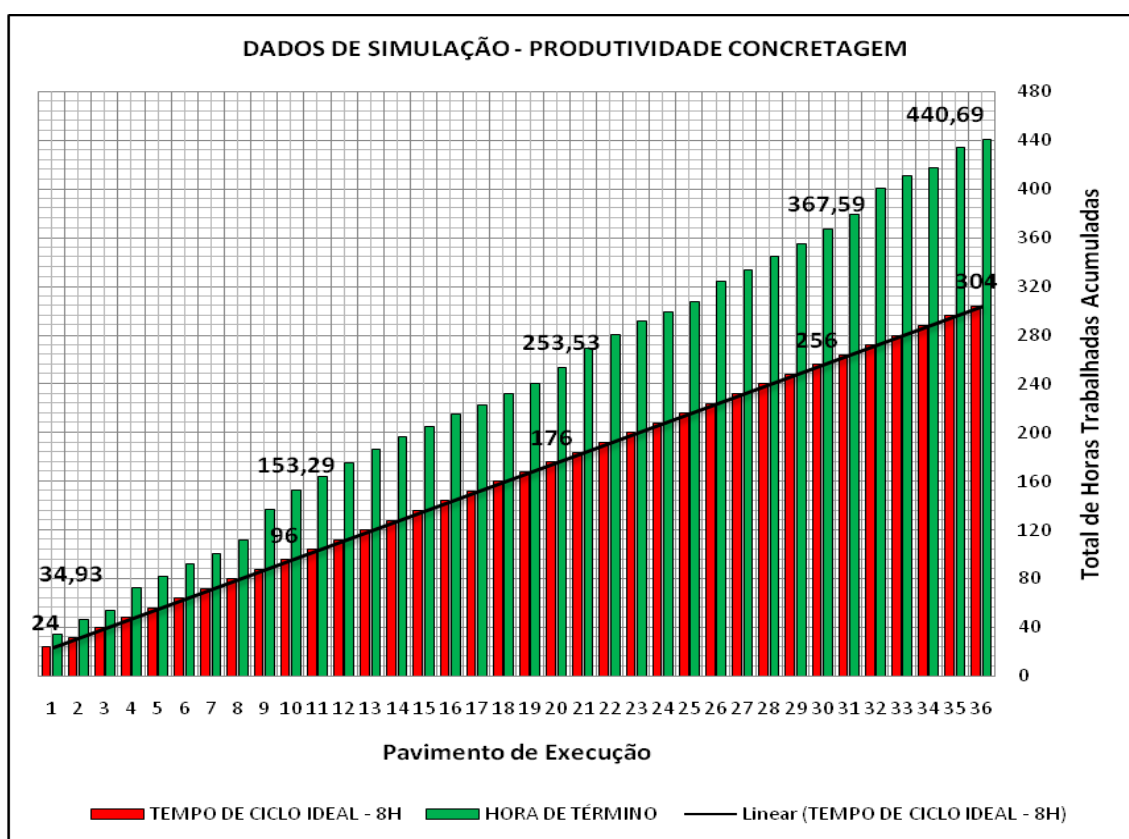


Figura 4.9: Tempo de ciclo ideal x hora de término: concretagem – Caso 01.

**Tempo Total de Execução:** 440,69 horas, **Atrasos:** 97,93 horas e **Esperas:** - 5,60 horas.

Análise de resultados caso 1 após a finalização do 36º pavimento de concretagem:

- ✓ Tempo de execução total Atividade 3 – Concretagem: 440,69 horas.

- ✓ Atrasos: 97,93 horas.
- ✓ Esperas: - 5,60 horas.
- ✓ Tempo ideal estimado: 304,00 horas.
- ✓ Cálculo:  $304,00 + 97,93 - 5,60 = 396,33$  horas.

No gráfico referente à atividade concretagem a diferença percebida por barras que ultrapassam a reta limite apresenta valor total no 36º pavimento de 440,69 horas, o que equivale a 440 horas e 42 minutos necessários à execução de 36 pavimentos, ou seja, um atraso compensado de 136,69 horas ( $440,69 - 304$ ), o que equivale a 136 horas e 42 minutos.

Em quantitativo de dias trabalhados pode-se dizer que houve um atraso compensado no cronograma de aproximadamente 18 dias.

O valor calculado de 396,33 horas difere do valor apresentado pelo gráfico, que indica 440,69 horas, sendo esta diferença de 44,36 horas.

A diferença apresentada tem um significado importante, pois estas 44,36 horas representam a influência direta da execução da armação sobre a concretagem, ou seja, é o tempo contabilizado quando a frente de trabalho da concretagem está preparada para iniciar a execução do pavimento, mas é impedida pela frente de trabalho da armação, que atrasou a execução do mesmo.

Este mesmo cálculo pode ser apresentado de maneira semelhante ao exemplo analisado no item 4.2 onde se analisam as perdas decorrentes da execução da concretagem após a finalização da execução da armação:

- ❖ **1º Passo:** Tempo de execução do 36º pavimento da atividade concretagem - tempo de execução do 36º pavimento da atividade armação =  $440,69 \text{ horas} - (433,04 + 8) \text{ horas} = -0,35 \text{ horas}$ . Isto quer dizer que finalizada a atividade armação, quando é concluído o 36º pavimento, a atividade concretagem é finalizada logo em seguida. Como esta é finalizada antes do tempo de ciclo ideal de 8 horas (ver dados do quadro 4.6), há uma espera de 0,35 horas.
- ❖ **2º Passo:** Valor das perdas indicado pelo gráfico após a finalização da concretagem ( $440,69 - 304 = 136,69$ ) – atraso referente à execução da armação após a finalização do *steel deck* =  $136,69 \text{ horas} - (-0,35) \text{ horas} = 137,04 \text{ horas}$  (valor atribuído ao somatório das perdas ocorridas durante a execução da armação e da concretagem).



❖ **3º Passo:** Do total de horas trabalhadas relativas à execução da concretagem obtidas da tabela, 97,93 horas são referentes a atrasos e – 5,60 horas são referentes a esperas, logo, o somatório das perdas nesta atividade é de 92,33 horas (97,93 horas – 5,60 horas). Subtraindo o valor atribuído como perda indicada unicamente da atividade de armação tem-se: 92,33 horas – (-035) horas = 92,68 horas, que equivalem a perdas ocorridas simultaneamente à execução das atividades *steel deck*, armação e concretagem.

❖ **4º Passo:** Considerando que o valor apresentado como o atraso compensado após a execução da armação é de 85,67 horas e que 92,68 horas representam perdas ocorridas simultaneamente entre a execução da atividade *steel deck*, armação e a atividade concretagem, percebe-se que a diferença entre esses dois valores corresponde às perdas ocorridas exclusivamente pela armação quando esta atividade é executada, ou seja, - 7,01 horas. Este valor negativo pode ser entendido pelo atraso acumulado da atividade armação ser menor que o atraso acumulado da atividade *steel deck*.

Seja o atraso acumulado formado pelas seguintes parcelas: atraso isolado *STEEL DECK* + atraso isolado *ARMAÇÃO* + atraso isolado *CONCRETAGEM* + atraso conjunto *STEEL DECK*, *ARMAÇÃO* e *CONCRETAGEM*.

- Atraso isolado do *steel deck* (obtido através de cálculo) = 51,37 horas (37,58%);
- Espera isolada da armação (obtido através de cálculo) = -7,01 horas (-5,13%);
- Espera isolada da concretagem (obtido através de cálculo) = -0,35 horas (-0,25%);
- Atraso compensado do *steel deck* (obtido através de planilha) considerando a atividade em isolado = 117,13 horas;
- Atraso compensado da armação (obtido através de planilha) considerando a atividade em isolado = 85,67 horas;
- Atraso compensado da concretagem (obtido através de planilha) considerando a atividade em isolado = 92,33 horas;
- Atraso entre as atividades *steel deck*, armação e concretagem (obtido através de cálculo) = 92,68 horas (67,80%).

- Atraso do cronograma após a execução do *steel deck*, armação e concretagem (indicado no gráfico) **SD + AR + CC +(SD & AR & CC) = 136,69 horas (51,37 horas -7,01 horas – 0,35 horas + 92,68 horas)**

Embora o impacto direto sobre o cronograma após a execução da concretagem seja de 136,69 horas e 67,80% dessas perdas ocorram de maneira simultânea entre as atividades, os atrasos foram responsáveis por uma perda acumulada de 315,53 horas e as esperas foram responsáveis por uma perda acumulada de 20,40 horas.

➤ **Caso 02:**

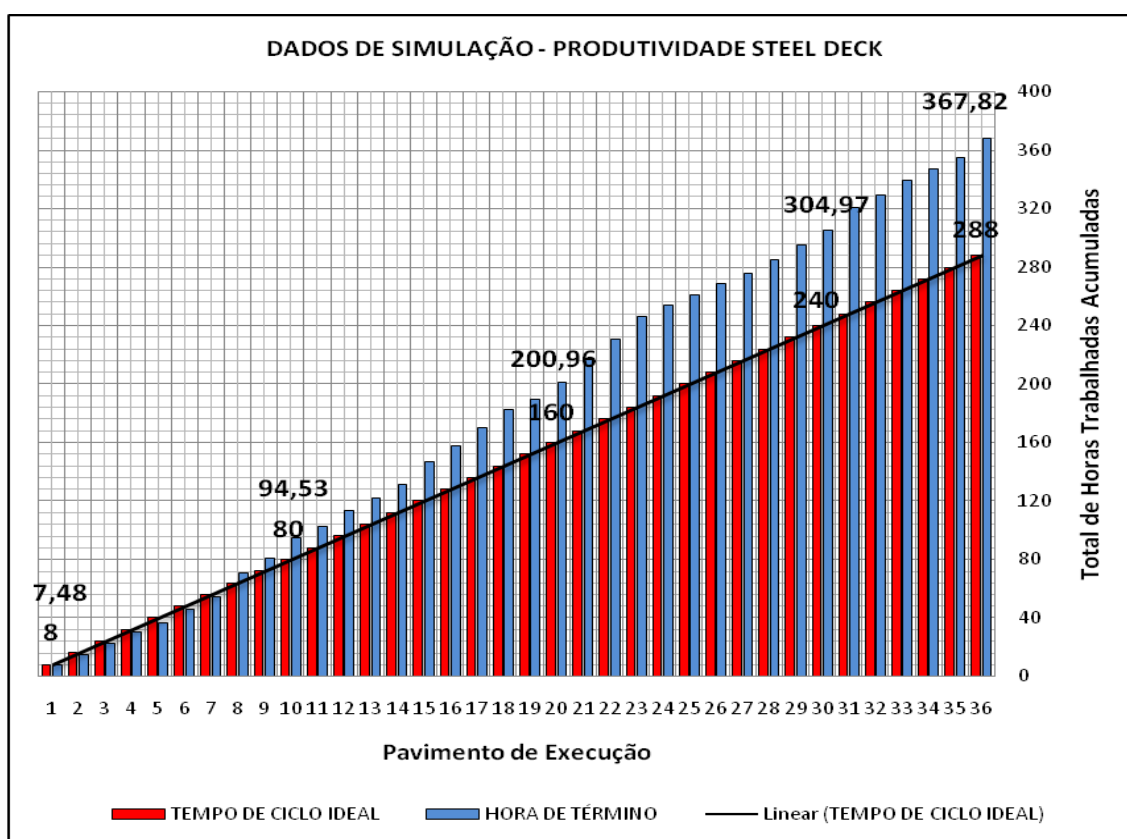


Figura 4.10: Tempo de ciclo ideal x hora de término: *steel deck* – Caso 02.

**Tempo Total de Execução:** 367,82 horas, **Atrasos:** 86,55 horas e **Esperas:** - 6,73 horas.

Análise de resultados caso 2 após a finalização do 36º pavimento de *steel deck*:

- Tempo de execução total Atividade 1 – *Steel Deck*: 367,82 horas.

- Atrasos: 86,55 horas.
- Esperas: - 6,73 horas.
- Tempo ideal estimado: 288,00 horas.
- Cálculo:  $288,00 + 86,55 - 6,73 = 367,82$  horas.

No gráfico referente à atividade *steel deck* a diferença percebida por barras que ultrapassam a reta limite apresenta valor total no 36º pavimento de 367,82 horas, o que equivale a 367 horas e 49 minutos necessários à execução de 36 pavimentos, ou seja, um atraso compensado de 79,82 horas ( $85,55 - 6,73$ ), o que equivale a 79 horas e 49 minutos.

Em quantitativo de dias trabalhados pode-se dizer que houve um atraso compensado no cronograma de aproximadamente 10 dias.

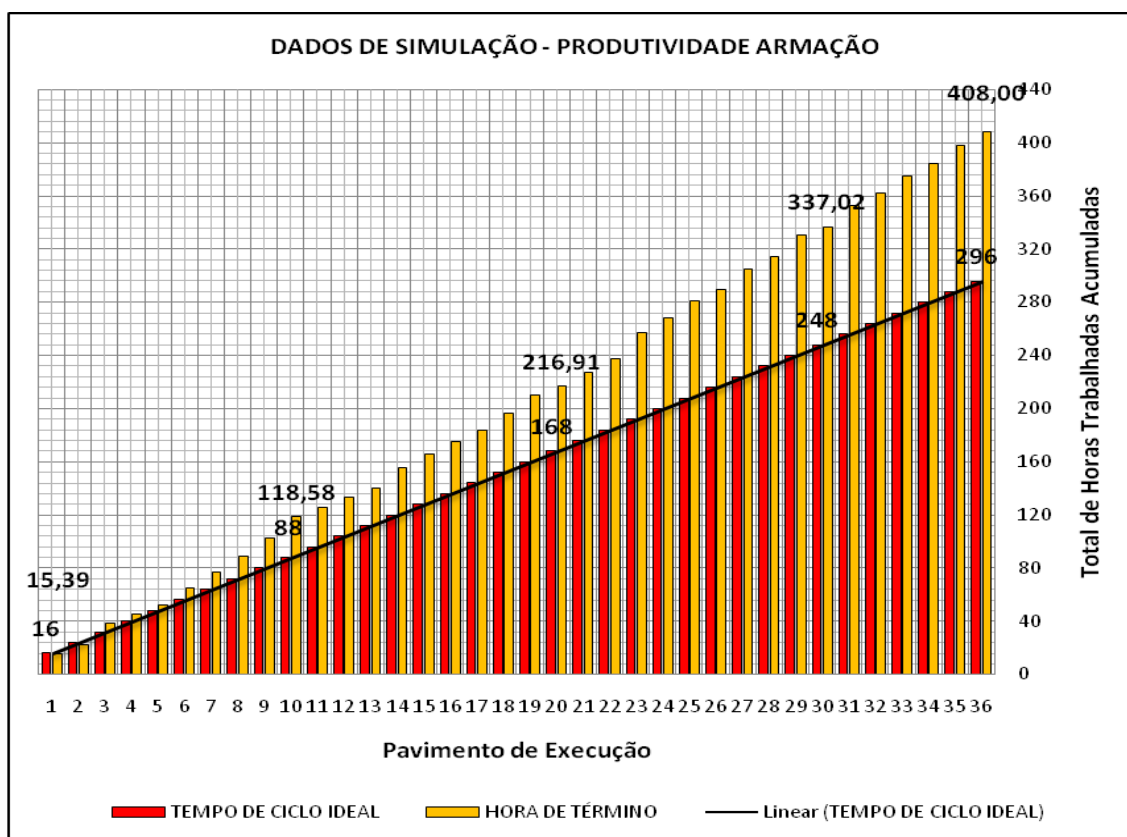


Figura 4.11: Tempo de ciclo ideal x hora de término: armação – Caso 02.

**Tempo Total de Execução:** 408,00 horas, **Atrasos:** 110,26 horas e **Esperas:** - 10,43 horas.

Análise de resultados caso 2 após a finalização do 36º pavimento de armação:

- Tempo de execução total Atividade 2 – Armação: 408,00 horas.
- Atrasos: 110,26 horas.
- Esperas: - 10,43 horas.
- Tempo ideal estimado: 296,00 horas.
- Cálculo:  $296,00 + 110,26 - 10,43 = 395,83$  horas.
- Atraso isolado do *steel deck* (obtido através de cálculo) = 12,17 horas (10,87%);
- Atraso isolado da armação (obtido através de cálculo) = 32,18 horas (28,73%);
- Atraso compensado do *steel deck* (obtido através de planilha) considerando a atividade em isolado = 79,82 horas;
- Atraso compensado da armação (obtido através de planilha) considerando a atividade em isolado = 99,83 horas;
- Atraso entre as atividades *steel deck* e armação (obtido através de cálculo) = 67,65 horas (60,40%).
- Atraso do cronograma após a execução do *steel deck* e armação (indicado no gráfico) **SD + AR + CC +(SD & AR & CC)** = 112,00 horas (12,17 horas + 32,18 horas + 67,65 horas)

Embora o impacto direto sobre o cronograma após a execução da armação seja de 112,00 horas e 60,40% dessas perdas ocorram de maneira simultânea entre as atividades, os atrasos foram responsáveis por uma perda acumulada de 196,81 horas e as esperas foram responsáveis por uma perda acumulada de 17,16 horas.

Em quantitativo de dias trabalhados pode-se dizer que houve um atraso compensado no cronograma de aproximadamente 14 dias.

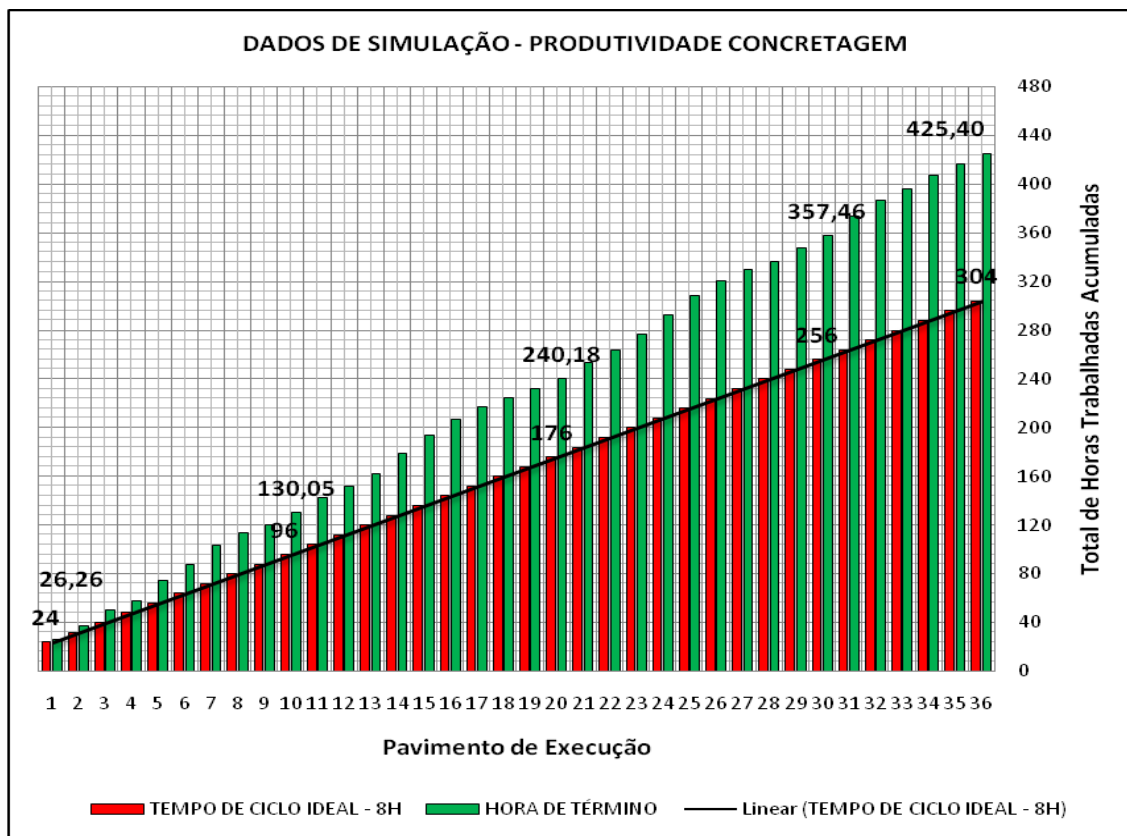


Figura 4.12: Tempo de ciclo ideal x hora de término: concretagem – Caso 02.

**Tempo Total de Execução:** 425,40 horas, **Atrasos:** 123,79 horas e **Esperas:** - 3,80 horas.

Análise de resultados caso 2 após a finalização do 36º pavimento de concretagem:

- Tempo de execução total Atividade 3 – Concretagem: 425,40 horas.
- Atrasos: 123,79 horas.
- Esperas: - 3,80 horas.
- Tempo ideal estimado: 304,00 horas.
- Cálculo:  $304,00 + 123,79 - 3,80 = 423,99$  horas.
- Atraso isolado do *steel deck* (obtido através de cálculo) = 12,17 horas (10,02%);
- Espera isolada da armação (obtido através de cálculo) = -10,76 horas (- 8,86%);
- Atraso isolado da concretagem (obtido através de cálculo) = 9,40 horas (7,74%);

- Atraso compensado do *steel deck* (obtido através de planilha) considerando a atividade em isolado = 79,82 horas;
- Atraso compensado da armação (obtido através de planilha) considerando a atividade em isolado = 99,83 horas;
- Atraso compensado da concretagem (obtido através de planilha) considerando a atividade em isolado = 119,99 horas;
- Atraso entre as atividades *steel deck*, armação e concretagem (obtido através de cálculo) = 110,59 horas (91,10%).
- Atraso do cronograma após a execução do *steel deck* e armação (indicado no gráfico) **SD + AR + (SD & AR)** = 121,40 horas (12,17 horas -10,76 horas + 9,40 horas + 110,59 horas)

Embora o impacto direto sobre o cronograma após a execução da concretagem seja de 121,40 horas e 91,10% dessas perdas ocorram de maneira simultânea entre as atividades, os atrasos foram responsáveis por uma perda acumulada de 320,60 horas e as esperas foram responsáveis por uma perda acumulada de 20,96 horas.

Em quantitativo de dias trabalhados pode-se dizer que houve um atraso compensado no cronograma de aproximadamente 16 dias.

➤ **Caso 03:**

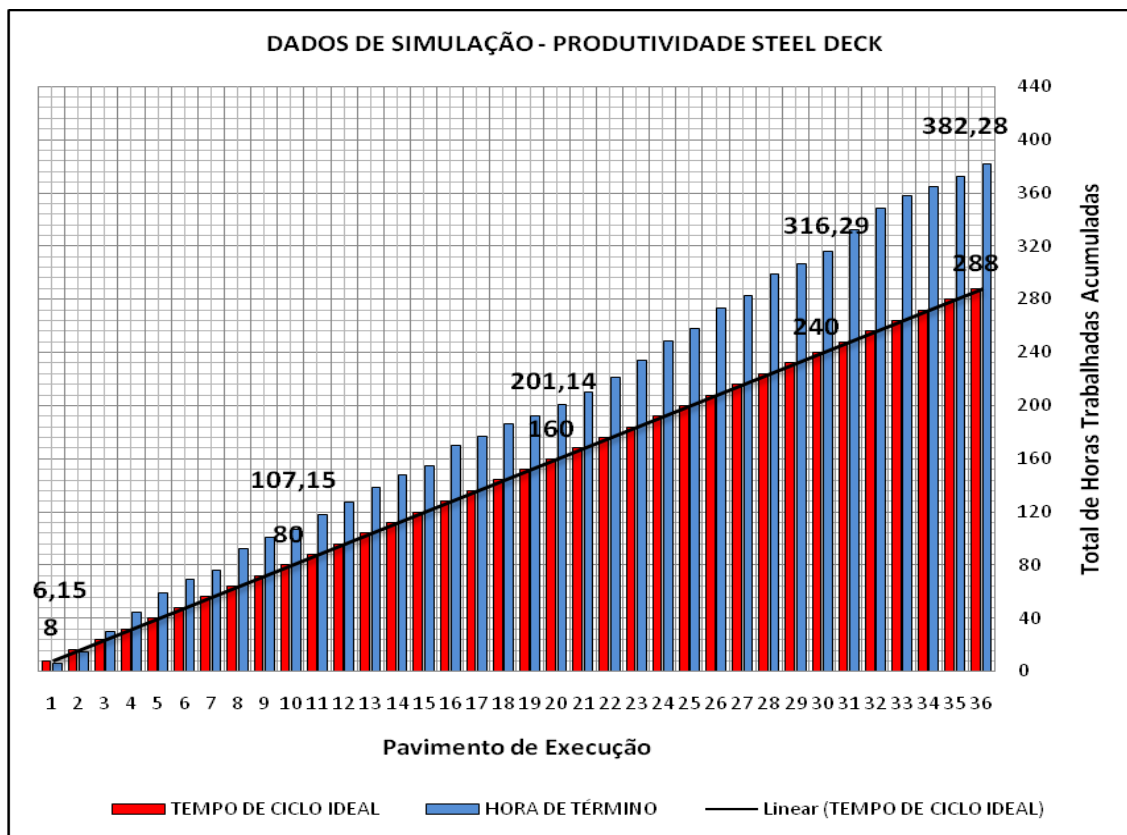


Figura 4.13: Tempo de ciclo ideal x hora de término: *steel deck* – Caso 03.

**Tempo Total de Execução:** 382,28 horas, **Atrasos:** 106,26 horas e **Esperas:** - 11,98 horas.

Análise de resultados caso 3 após a finalização do 36º pavimento de *steel deck*:

- Tempo de execução total Atividade 1 – *Steel Deck*: 382,28 horas.
- Atrasos: 106,26 horas.
- Esperas: - 11,98 horas.
- Tempo ideal estimado: 288,00 horas.
- Cálculo:  $288,00 + 106,26 - 11,98 = 382,28$  horas.

No gráfico referente à atividade *steel deck* a diferença percebida por barras que ultrapassam a reta limite apresenta valor total no 36º pavimento de 382,28 horas, o que equivale a 382 horas e 17 minutos necessários à execução de 36 pavimentos, ou seja, um atraso compensado de 94,28 horas ( $106,26 - 11,98$ ), o que equivale a 94 horas e 17 minutos.

Em quantitativo de dias trabalhados pode-se dizer que houve um atraso compensado no cronograma de aproximadamente 12 dias.

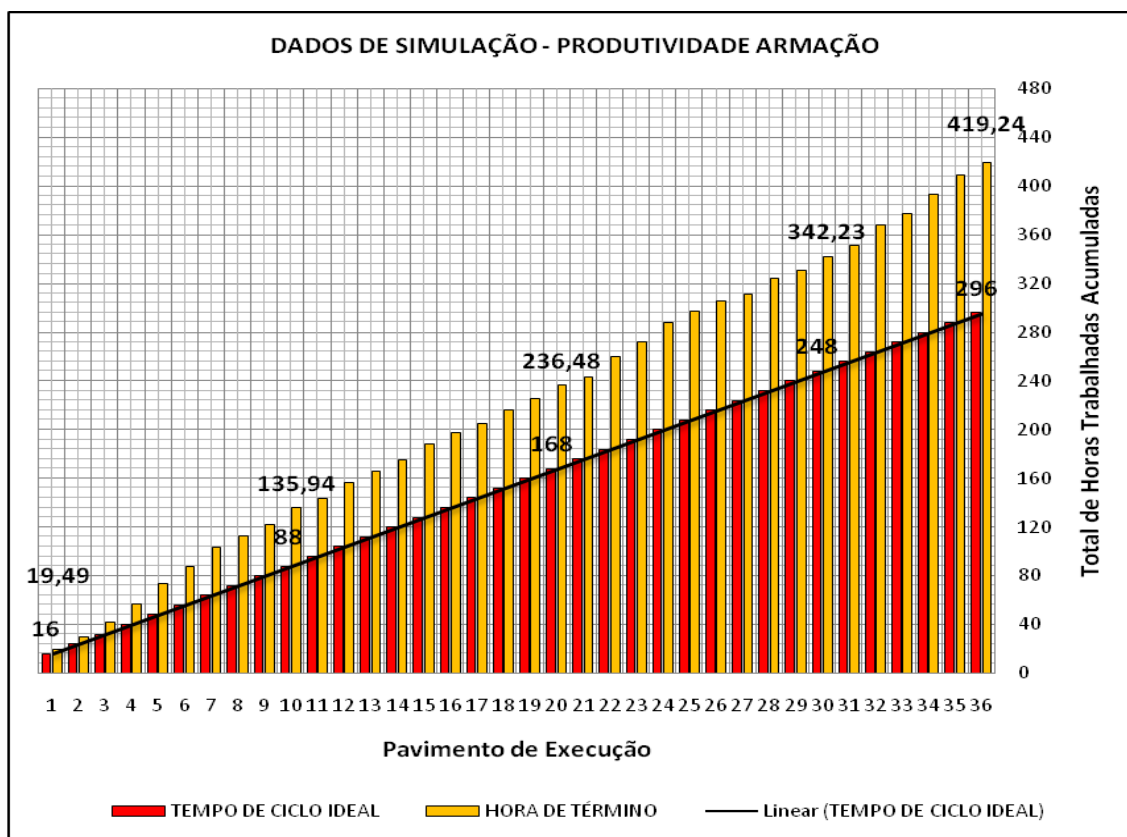


Figura 4.14: Tempo de ciclo ideal x hora de término: armação – Caso 03.

**Tempo Total de Execução:** 419,24 horas, **Atrasos:** 125,01 horas e **Esperas:** - 3,99 horas.

Análise de resultados caso 3 após a finalização do 36º pavimento de armação:

- Tempo de execução total Atividade 2 – Armação: 419,24 horas.
- Atrasos: 125,01 horas.
- Esperas: - 3,99 horas.
- Tempo ideal estimado: 296,00 horas.
- Cálculo:  $296,00 + 125,01 - 3,99 = 417,02$  horas.
- Atraso isolado do *steel deck* (obtido através de cálculo) = 2,22 horas (1,80%);
- Atraso isolado da armação (obtido através de cálculo) = 28,96 horas (23,50%);



- Atraso compensado do *steel deck* (obtido através de planilha) considerando a atividade em isolado = 94,28 horas;
- Atraso compensado da armação (obtido através de planilha) considerando a atividade em isolado = 121,02 horas;
- Atraso entre as atividades *steel deck* e armação (obtido através de cálculo) = 92,06 horas (74,70%).
- Atraso do cronograma após a execução do *steel deck* e armação (indicado no gráfico) **SD + AR + CC +(SD & AR & CC)** = 123,24 horas (2,22 horas + 28,96 horas + 92,06 horas)

Embora o impacto direto sobre o cronograma após a execução da armação seja de 123,24 horas e 74,70% dessas perdas ocorram de maneira simultânea entre as atividades, os atrasos foram responsáveis por uma perda acumulada de 231,28 horas e as esperas foram responsáveis por uma perda acumulada de 15,97 horas.

Em quantitativo de dias trabalhados pode-se dizer que houve um atraso compensado no cronograma de aproximadamente 16 dias.

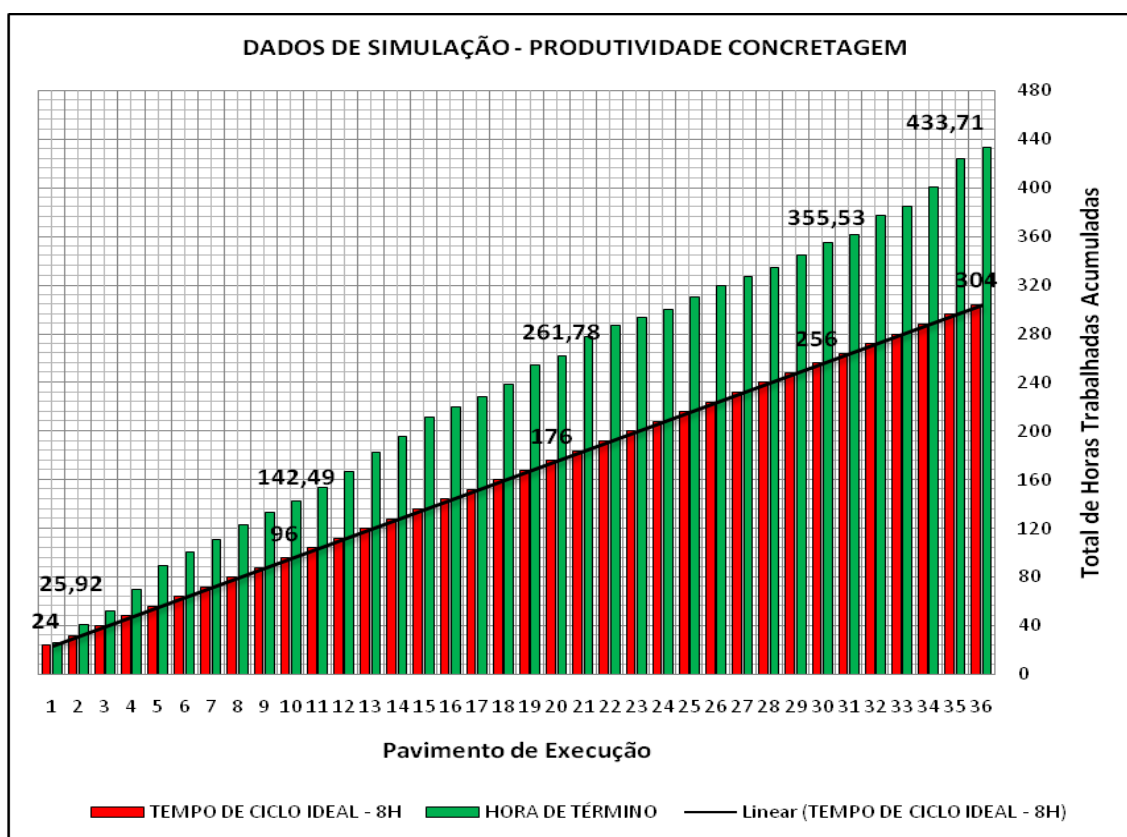


Figura 4.15: Tempo de ciclo ideal x hora de término: concretagem – Caso 03.

**Tempo Total de Execução:** 476,86 horas, **Atrasos:** 123,29 horas e **Esperas:** - 4,87 horas.

Análise de resultados caso 3 após a finalização do 36º pavimento de concretagem:

- Tempo de execução total Atividade 3 – Concretagem: 433,71 horas.
- Atrasos: 90,36 horas.
- Esperas: - 11,85 horas.
- Tempo ideal estimado: 304,00 horas.
- Cálculo:  $304,00 + 90,36 - 11,85 = 382,51$  horas.
- Atraso isolado do *steel deck* (obtido através de cálculo) = 2,22 horas (1,71%);
- Atraso isolado da armação (obtido através de cálculo) = 48,98 horas (37,76%);
- Atraso isolado da concretagem (obtido através de cálculo) = 6,47 horas (4,99%);
- Atraso compensado do *steel deck* (obtido através de planilha) considerando a atividade em isolado = 94,28 horas;
- Atraso compensado da armação (obtido através de planilha) considerando a atividade em isolado = 121,02 horas;
- Atraso compensado da concretagem (obtido através de planilha) considerando a atividade em isolado = 78,51 horas;
- Atraso entre as atividades *steel deck*, armação e concretagem (obtido através de cálculo) = 72,04 horas (55,54%).
- Atraso do cronograma após a execução do *steel deck* e armação (indicado no gráfico) **SD + AR + (SD & AR)** = 129,71 horas (2,22 horas + 48,98 horas + 6,47 horas + 72,04 horas)

Embora o impacto direto sobre o cronograma após a execução da concretagem seja de 129,71 horas e 55,54% dessas perdas ocorram de maneira simultânea entre as atividades, os atrasos foram responsáveis por uma perda acumulada de 321,64 horas e as esperas foram responsáveis por uma perda acumulada de 27,82 horas.

Em quantitativo de dias trabalhados pode-se dizer que houve um atraso compensado no cronograma de aproximadamente 17 dias.

➤ **Caso 04:**

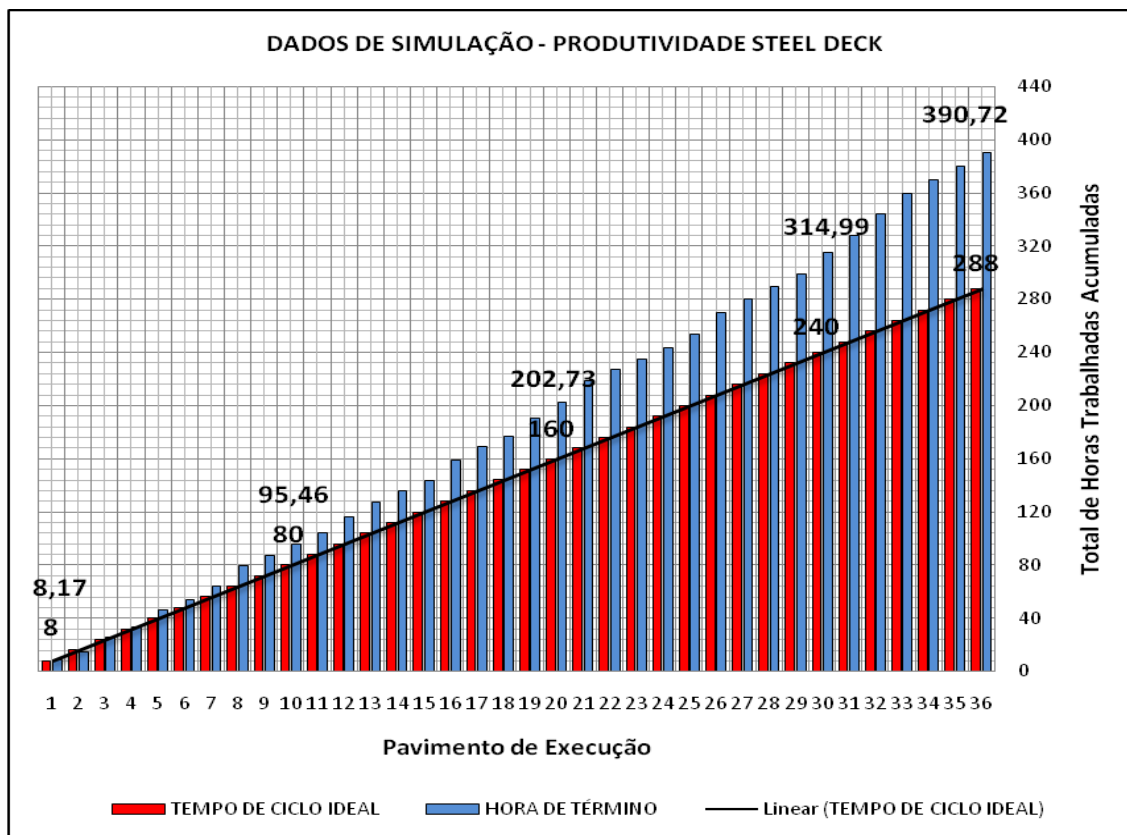


Figura 4.16: Tempo de ciclo ideal x hora de término: *steel deck* – Caso 04.

**Tempo Total de Execução:** 390,72 horas, **Atrasos:** 106,07 horas e **Esperas:** - 3,35 horas.

Análise de resultados caso 4 após a finalização do 36º pavimento de *steel deck*:

- Tempo de execução total Atividade 1 – *Steel Deck*: 390,72 horas.
- Atrasos: 106,07 horas.
- Esperas: - 3,35 horas.
- Tempo ideal estimado: 288,00 horas.
- Cálculo:  $288,00 + 106,07 - 3,35 = 390,72$  horas.

No gráfico referente à atividade *steel deck* a diferença percebida por barras que ultrapassam a reta limite apresenta valor total no 36º pavimento de 390,72 horas, o que equivale a 390 horas e 43 minutos necessários à execução de 36 pavimentos, ou seja, um atraso compensado de 102,72 horas ( $106,07 - 3,35$ ), o que equivale a 102 horas e 43 minutos.

Em quantitativo de dias trabalhados pode-se dizer que houve um atraso compensado no cronograma de aproximadamente 13 dias.

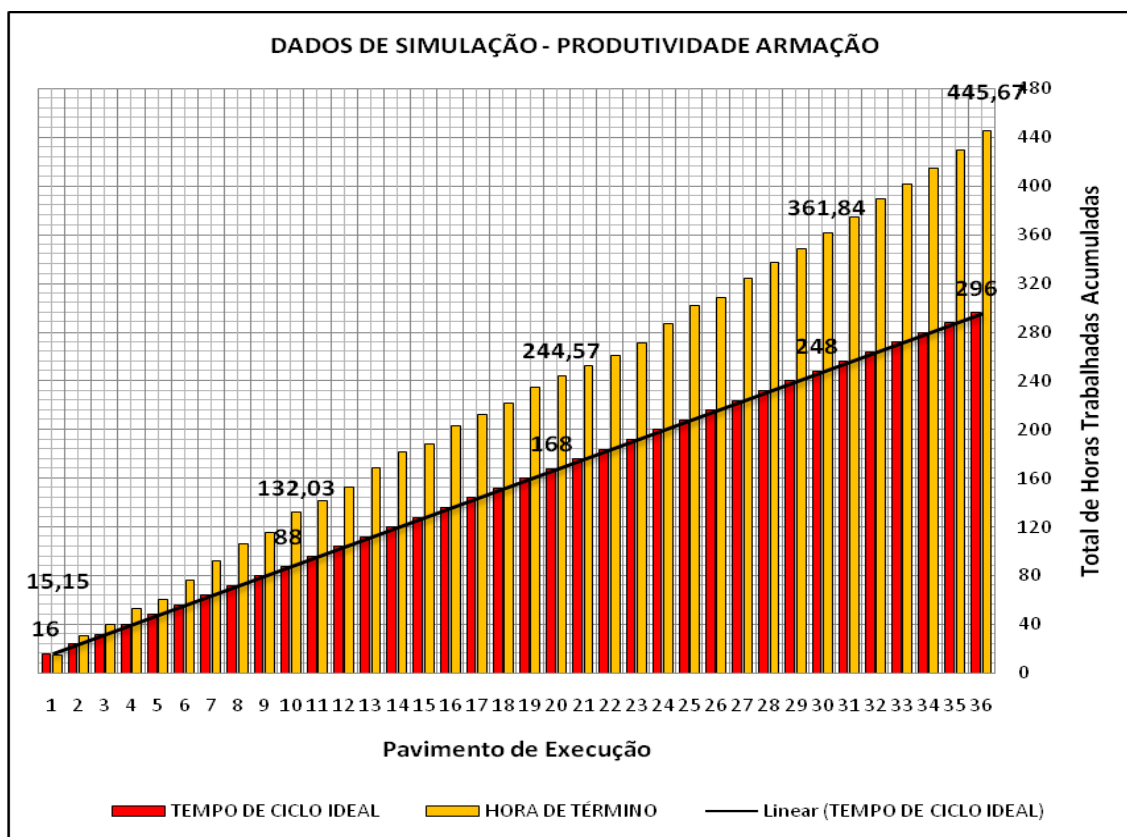


Figura 4.17: Tempo de ciclo ideal x hora de término: armação – Caso 04.

**Tempo Total de Execução:** 445,67 horas, **Atrasos:** 152,87 horas e **Esperas:** - 3,73 horas.

Análise de resultados caso 4 após a finalização do 36º pavimento de armação:

- Tempo de execução total Atividade 2 – Armação: 445,67 horas.
- Atrasos: 152,87 horas.
- Esperas: - 3,73 horas.
- Tempo ideal estimado: 296,00 horas.
- Cálculo:  $296,00 + 152,87 - 3,73 = 445,14$  horas.
- Atraso isolado do *steel deck* (obtido através de cálculo) = 0,53 horas (0,35%);
- Atraso isolado da armação (obtido através de cálculo) = 46,95 horas (31,37%);

- Atraso compensado do *steel deck* (obtido através de planilha) considerando a atividade em isolado = 102,72 horas;
- Atraso compensado da armação (obtido através de planilha) considerando a atividade em isolado = 149,14 horas;
- Atraso entre as atividades *steel deck* e armação (obtido através de cálculo) = 102,19 horas (68,28%).
- Atraso do cronograma após a execução do *steel deck* e armação (indicado no gráfico) **SD + AR + CC +(SD & AR & CC)** = 149,67 horas (0,53 horas + 46,95 horas + 102,19 horas)

Embora o impacto direto sobre o cronograma após a execução da armação seja de 149,67 horas e 68,28% dessas perdas ocorram de maneira simultânea entre as atividades, os atrasos foram responsáveis por uma perda acumulada de 258,93 horas e as esperas foram responsáveis por uma perda acumulada de 7,08 horas.

Em quantitativo de dias trabalhados pode-se dizer que houve um atraso compensado no cronograma de aproximadamente 19 dias.

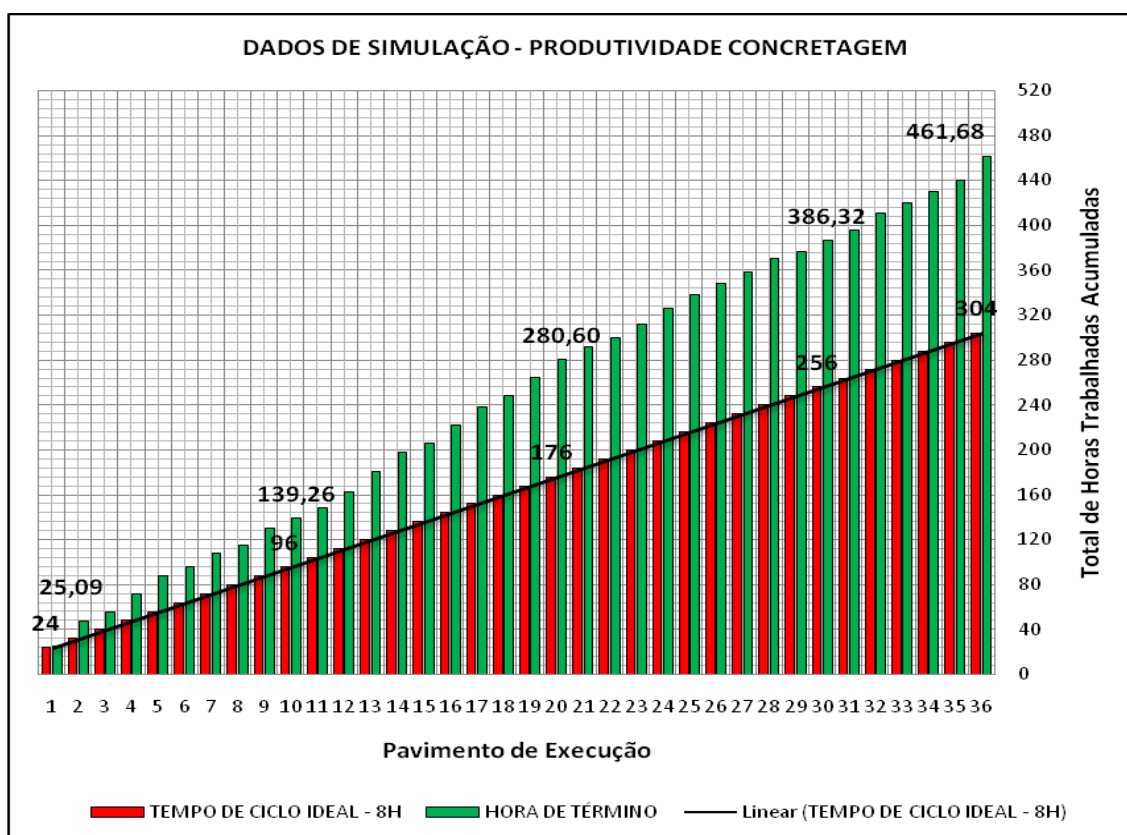


Figura 4.18: Tempo de ciclo ideal x hora de término: concretagem – Caso 04.

**Tempo Total de Execução:** 461,68 horas, **Atrasos:** 134,40 horas e **Esperas:** - 3,94 horas.

Análise de resultados caso 4 após a finalização do 36º pavimento de concretagem:

- Tempo de execução total Atividade 3 – Concretagem: 461,68 horas.
- Atrasos: 134,40 horas.
- Esperas: - 3,94 horas.
- Tempo ideal estimado: 304,00 horas.
- Cálculo:  $304,00 + 134,40 - 3,94 = 424,46$  horas.
- Atraso isolado do *steel deck* (obtido através de cálculo) = 0,53 horas (0,33%);
- Atraso isolado da armação (obtido através de cálculo) = 26,69 horas (16,93%);
- Atraso isolado da concretagem (obtido através de cálculo) = 8,01 horas (5,08%);
- Atraso compensado do *steel deck* (obtido através de planilha) considerando a atividade em isolado = 102,72 horas;
- Atraso compensado da armação (obtido através de planilha) considerando a atividade em isolado = 149,14 horas;
- Atraso compensado da concretagem (obtido através de planilha) considerando a atividade em isolado = 130,46 horas;
- Atraso entre as atividades *steel deck*, armação e concretagem (obtido através de cálculo) = 122,45 horas (77,66%).
- Atraso do cronograma após a execução do *steel deck* e armação (indicado no gráfico) **SD + AR + (SD & AR)** = 157,68 horas (0,53 horas + 26,69 horas + 8,01 horas + 122,45 horas)

Embora o impacto direto sobre o cronograma após a execução da concretagem seja de 157,68 horas e 77,66% dessas perdas ocorram de maneira simultânea entre as atividades, os atrasos foram responsáveis por uma perda acumulada de 393,34 horas e as esperas foram responsáveis por uma perda acumulada de 11,02 horas.

Em quantitativo de dias trabalhados pode-se dizer que houve um atraso compensado no cronograma de aproximadamente 20 dias.

➤ **Caso 05:**

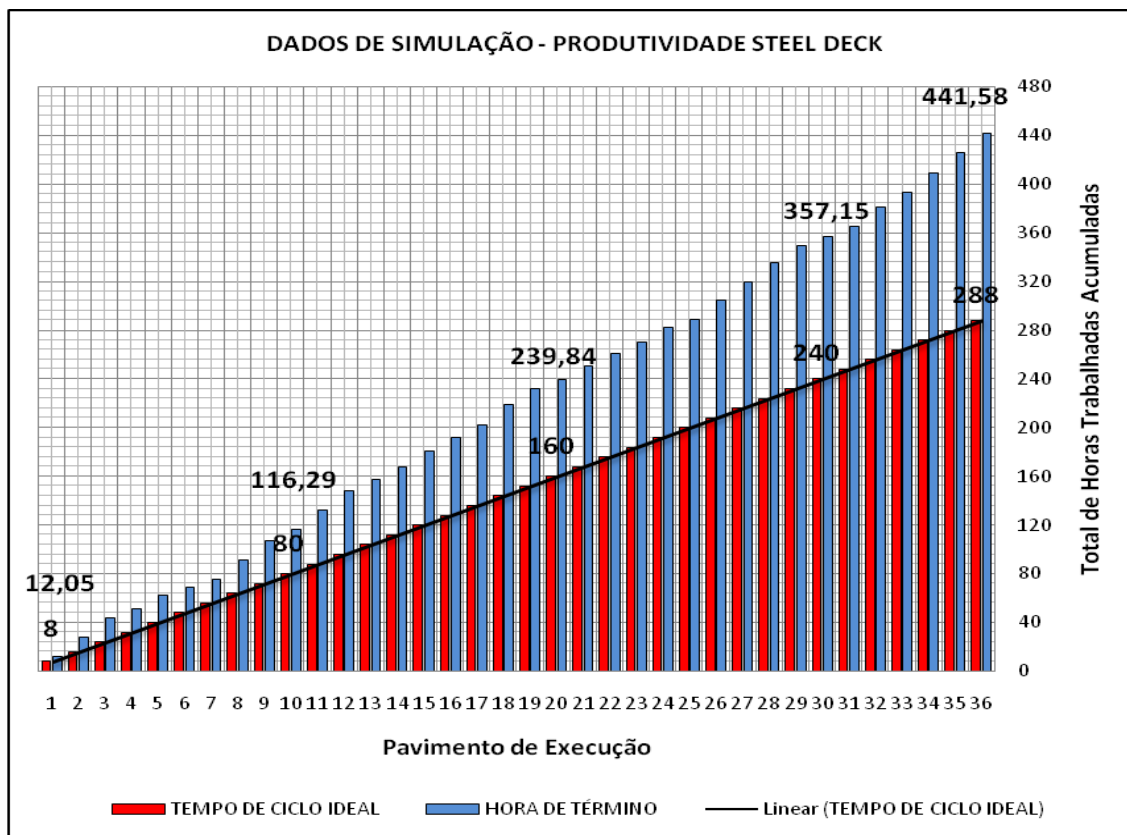


Figura 4.19: Tempo de ciclo ideal x hora de término: *steel deck* – Caso 05.

**Tempo Total de Execução:** 441,58 horas, **Atrasos:** 158,61 horas e **Esperas:** - 5,03 horas.

Análise de resultados caso 5 após a finalização do 36º pavimento de *steel deck*:

- Tempo de execução total Atividade 1 – *Steel Deck*: 441,58 horas.
- Atrasos: 158,61 horas.
- Esperas: - 5,03 horas.
- Tempo ideal estimado: 288,00 horas.
- Cálculo:  $288,00 + 158,61 - 5,03 = 441,58$  horas.

No gráfico referente à atividade *steel deck* a diferença percebida por barras que ultrapassam a reta limite apresenta valor total no 36º pavimento de 441,58 horas, o que equivale a 441 horas e 35 minutos necessários à execução de 36 pavimentos, ou seja, um atraso compensado de 153,58 horas ( $158,61 - 5,03$ ), o que equivale a 153 horas e 35 minutos.

Em quantitativo de dias trabalhados pode-se dizer que houve um atraso compensado no cronograma de aproximadamente 19 dias.

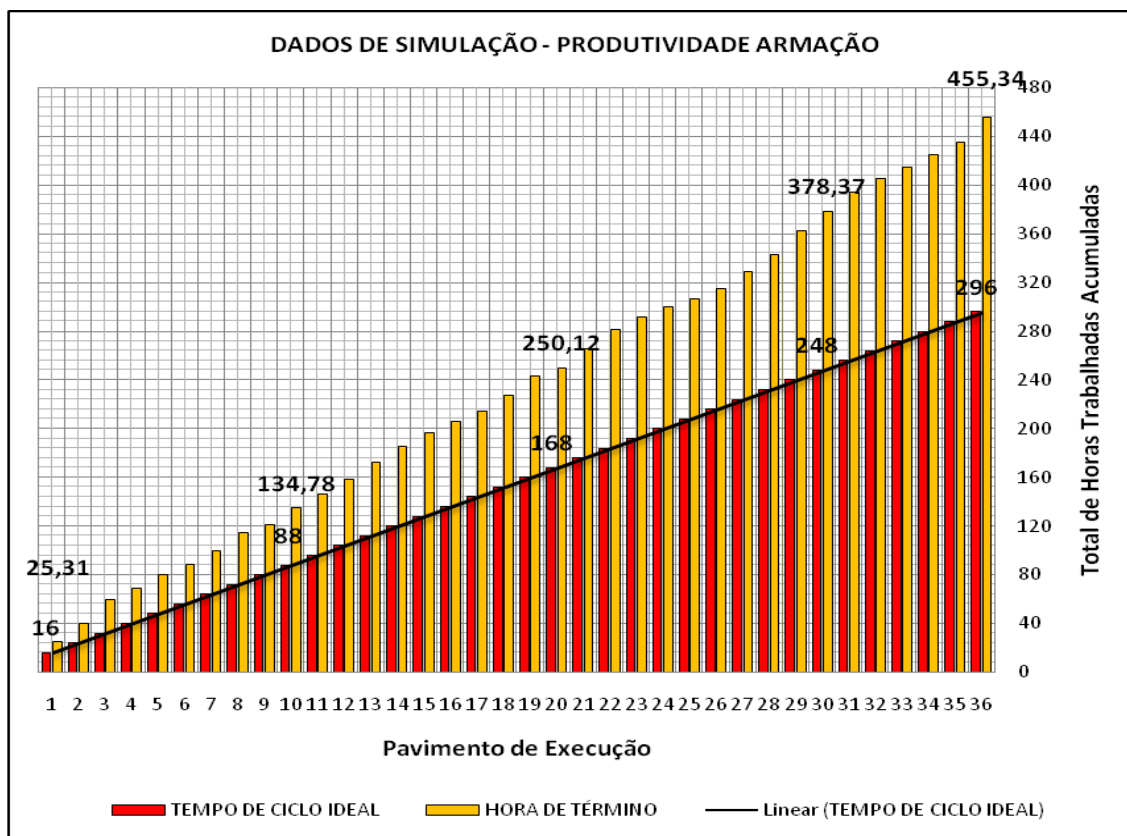


Figura 4.20: Tempo de ciclo ideal x hora de término: armação – Caso 05.

**Tempo Total de Execução:** 455,34 horas, **Atrasos:** 116,10 horas e **Esperas:** - 4,35 horas.

Análise de resultados caso 5 após a finalização do 36º pavimento de armação:

- Tempo de execução total Atividade 2 – Armação: 455,34 horas.
- Atrasos: 116,10 horas.
- Esperas: - 4,35 horas.
- Tempo ideal estimado: 296,00 horas.
- Cálculo:  $296,00 + 116,10 - 4,35 = 407,75$  horas.
- Atraso isolado do *steel deck* (obtido através de cálculo) = 47,59 horas (29,87%);
- Atraso isolado da armação (obtido através de cálculo) = 5,76 horas (3,61%);



- Atraso compensado do *steel deck* (obtido através de planilha) considerando a atividade em isolado = 153,58 horas;
- Atraso compensado da armação (obtido através de planilha) considerando a atividade em isolado = 111,75 horas;
- Atraso entre as atividades *steel deck* e armação (obtido através de cálculo) = 105,99 horas (66,52%).
- Atraso do cronograma após a execução do *steel deck* e armação (indicado no gráfico) **SD + AR + CC + (SD & AR & CC)** = 159,34 horas (47,59 horas + 5,76 horas + 105,99 horas)

Embora o impacto direto sobre o cronograma após a execução da armação seja de 159,34 horas e 66,52% dessas perdas ocorram de maneira simultânea entre as atividades, os atrasos foram responsáveis por uma perda acumulada de 274,71 horas e as esperas foram responsáveis por uma perda acumulada de 9,37 horas.

Em quantitativo de dias trabalhados pode-se dizer que houve um atraso compensado no cronograma de aproximadamente 20 dias.

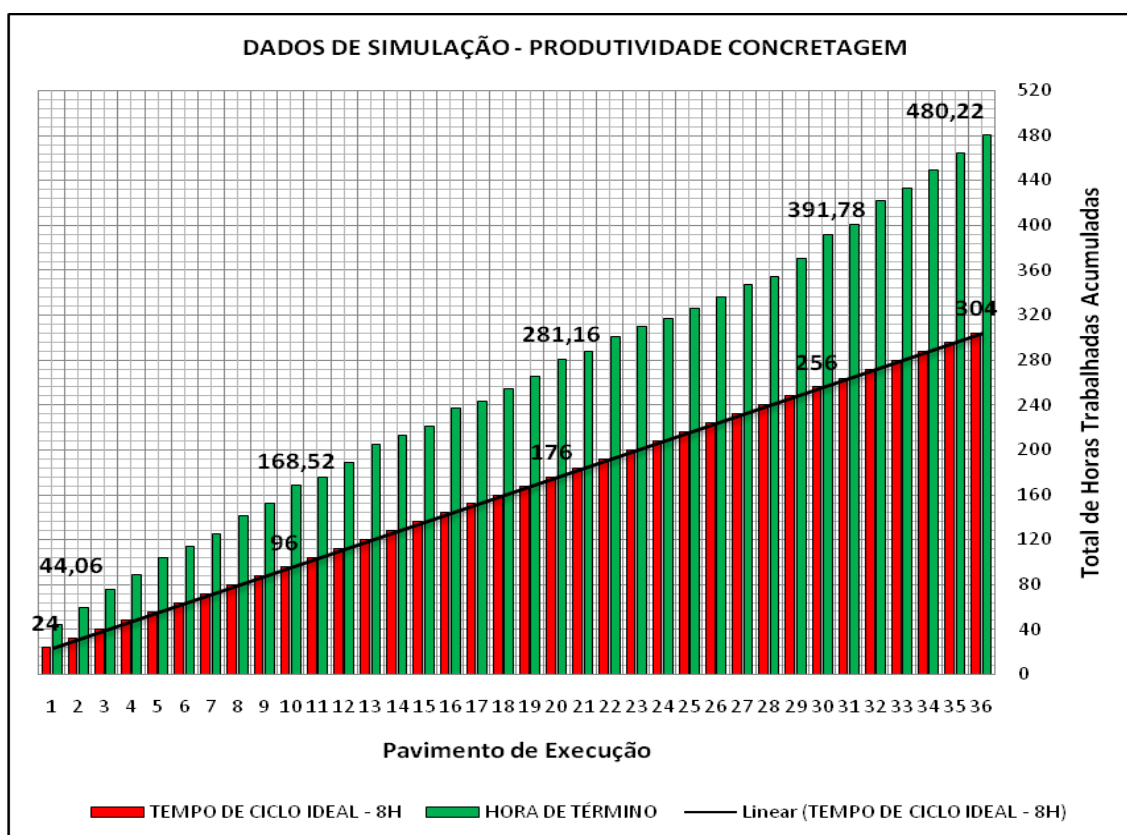


Figura 4.21: Tempo de ciclo ideal x hora de término: concretagem – Caso 05.

**Tempo Total de Execução:** 480,22 horas, **Atrasos:** 148,42 horas e **Esperas:** - 8,32 horas.

Análise de resultados caso 5 após a finalização do 36º pavimento de concretagem:

- Tempo de execução total Atividade 3 – Concretagem: 480,22 horas.
- Atrasos: 148,42 horas.
- Esperas: - 8,32 horas.
- Tempo ideal estimado: 304,00 horas.
- Cálculo:  $304,00 + 148,42 - 8,32 = 444,10$  horas.
- Atraso isolado do *steel deck* (obtido através de cálculo) = 47,59 horas (27,00%);
- Espera isolada da armação (obtido através de cálculo) = -11,47 horas - 6,50%);
- Atraso isolado da concretagem (obtido através de cálculo) = 16,88 horas (9,58%);
- Atraso compensado do *steel deck* (obtido através de planilha) considerando a atividade em isolado = 153,58 horas;
- Atraso compensado da armação (obtido através de planilha) considerando a atividade em isolado = 111,75 horas;
- Atraso compensado da concretagem (obtido através de planilha) considerando a atividade em isolado = 140,10 horas;
- Atraso entre as atividades *steel deck*, armação e concretagem (obtido através de cálculo) = 123,22 horas (69,92%).
- Atraso do cronograma após a execução do *steel deck* e armação (indicado no gráfico) **SD + AR + (SD & AR) = 176,22 horas** (47,59 horas – 11,47 horas + 16,88 horas + 123,22 horas)

Embora o impacto direto sobre o cronograma após a execução da concretagem seja de 176,22 horas e 69,92% dessas perdas ocorram de maneira simultânea entre as atividades, os atrasos foram responsáveis por uma perda acumulada de 423,13 horas e as esperas foram responsáveis por uma perda acumulada de 17,69 horas.

Em quantitativo de dias trabalhados pode-se dizer que houve um atraso compensado no cronograma de aproximadamente 23 dias.

#### 4.2.2 Análises de desperdício

##### **Caso 1:**

- Tempo total de execução de 440,69 horas (55 dias e 0,69 horas).
- Atraso acumulado total: 315,53 horas (39 dias e 3,53 horas).
- Espera acumulada total: 20,40 horas (2 dias e 4,40 horas).
- Acúmulo de horas entre a Atividade 1 e a Atividade 2: 27,91 horas.
- Acúmulo de horas entre a Atividade 2 e a Atividade 3: 7,65 horas.
- Acúmulo de horas entre a Atividade 1 e a Atividade 3: 35,56 horas.
- Perdas simultâneas entre as três atividades de 92,68 horas = 67,80% do total de perdas compensadas.

No caso 1 a Atividade 2 – Armação apresenta comportamento singular, pois durante a sua execução observa-se a menor ocorrência de atrasos (94,23 horas) e a maior ocorrência de esperas (-8,56 horas). Este comportamento é devido a um índice de produtividade com maior compensação enquanto execução da atividade e reflete o menor acúmulo de horas entre a finalização desta atividade e a Atividade 3 – Concretagem do que entre esta atividade e a Atividade 1 – *Steel Deck*.

A Atividade 3 – Concretagem, foi responsável pela menor ocorrência de esperas acumuladas (-5,60 horas) e pela maior porcentagem de esperas compensadas (-5,13%).

A Atividade 1 – *Steel Deck* foi responsável pela maior ocorrência de atrasos acumulados (123,37 horas) e pela maior porcentagem de atrasos compensados (37,58%).

Embora a Atividade 1 – *Steel Deck* tenha gerado um grande atraso acumulado durante sua execução, o índice de produtividade da Atividade 2 – Armação foi capaz de compensar esta perda amenizando os efeitos indiretos da Atividade 1 – *Steel Deck* sobre a Atividade 3 – Concretagem.

##### **Caso 2:**

- Tempo total de execução de 425,40 horas (53 dias e 1,40 horas).
- Atraso acumulado total: 320,60 horas (40 dias e 0,60 horas).
- Espera acumulada total: 20,96 horas (2 dias e 4,96 horas).

- Acúmulo de horas entre a Atividade 1 e a Atividade 2: 40,18 horas.
- Acúmulo de horas entre a Atividade 2 e a Atividade 3: 17,40 horas.
- Acúmulo de horas entre a Atividade 1 e a Atividade 3: 57,58 horas.
- Perdas simultâneas entre as três atividades de 110,59 horas = 91,10% do total de perdas compensadas.

No caso 2 a Atividade 3 – Concretagem apresenta durante a sua execução a menor ocorrência de esperas (-3,80 horas) e a maior ocorrência de atrasos (123,79 horas). Este comportamento é devido a um índice de produtividade menos equilibrado.

Ainda que a Atividade 3 – Concretagem tenha apresentado maior atraso acumulado durante sua execução, esta atividade apresenta o menor acúmulo de horas entre sua finalização e a Atividade 2 – Armação do que entre a Atividade 2 – Armação e a Atividade 1 – *Steel Deck*. Isto ocorre porque a Atividade 2 – Armação também apresenta baixo índice de produtividade, ocasionando atrasos.

A Atividade 1 – *Steel Deck* foi responsável pela menor ocorrência de atrasos acumulados (86,55 horas) e pela maior porcentagem de atrasos compensados (10,02%).

A Atividade 2 – Armação, foi responsável pela maior ocorrência de esperas acumuladas (-10,43 horas) e pela maior porcentagem de esperas compensadas (-8,86%).

Embora a Atividade 2 – Armação e a Atividade 3 – Concretagem tenham gerado um grande atraso acumulado durante suas execuções, este atraso ocorreu quase que em sua totalidade simultaneamente entre as três atividades (91,10%).

### **Caso 3:**

- Tempo total de execução de 433,71 horas (53 dias e 1,40 horas).
- Atraso acumulado total: 321,64 horas (40 dias e 0,60 horas).
- Espera acumulada total: 27,82 horas (2 dias e 4,96 horas).
- Acúmulo de horas entre a Atividade 1 e a Atividade 2: 36,96 horas.
- Acúmulo de horas entre a Atividade 2 e a Atividade 3: 14,47 horas.
- Acúmulo de horas entre a Atividade 1 e a Atividade 3: 51,43 horas.
- Perdas simultâneas entre as três atividades de 72,04 horas = 55,54% do total de perdas compensadas.

No caso 3 a Atividade 2 – Armação apresenta durante a sua execução a menor ocorrência de esperas (-3,99 horas) e a maior ocorrência de atrasos (125,01 horas). Este comportamento é devido a um índice de produtividade menos equilibrado.

Em um efeito oposto a Atividade 1 – *Steel Deck* apresenta durante a sua execução a menor ocorrência de atrasos (106,26 horas) e a maior ocorrência de esperas (-11,98 horas). Este comportamento é devido a um índice de produtividade mais equilibrado.

A Atividade 3 – Concretagem foi responsável pela menor porcentagem de atrasos compensados (4,99%).

A Atividade 2 – Armação, foi responsável pela menor ocorrência de esperas acumuladas (-3,99 horas) e pela maior porcentagem de atrasos compensados (37,76%).

Embora a Atividade 2 – Armação e a Atividade 3 – Concretagem tenham gerado um grande atraso acumulado durante suas execuções, este atraso representa apenas uma diferença de 14,47 horas entre as duas atividades.

#### **Caso 4:**

- Tempo total de execução de 461,68 horas (57 dias e 5,68 horas).
- Atraso acumulado total: 393,34 horas (49 dias e 1,34 horas).
- Espera acumulada total: 11,02 horas (1 dia e 3,02 horas).
- Acúmulo de horas entre a Atividade 1 e a Atividade 2: 54,95 horas.
- Acúmulo de horas entre a Atividade 2 e a Atividade 3: 16,01 horas.
- Acúmulo de horas entre a Atividade 1 e a Atividade 3: 70,96 horas.
- Perdas simultâneas entre as três atividades de 122,45 horas = 77,66% do total de perdas compensadas.

No caso 4 a Atividade 1 – *Steel Deck* apresenta durante a sua execução a menor ocorrência de esperas (-3,35 horas) e a menor ocorrência de atrasos (106,07 horas). Este comportamento é devido a um índice de produtividade mais equilibrado.

A Atividade 2 – Armação, foi responsável pela maior ocorrência de atrasos acumulados (152,87 horas) e pela maior porcentagem de atrasos compensados (-26,69%). Este comportamento reflete o maior acúmulo de horas entre a finalização

desta atividade e a Atividade 1 – *Steel Deck* do que entre esta atividade e a Atividade 3 – Concretagem.

A Atividade 3 – Concretagem foi responsável pela maior ocorrência de esperas acumuladas (-3,94 horas).

Embora a Atividade 2 – Armação e a Atividade 3 – Concretagem tenham gerado um grande atraso acumulado durante suas execuções, este atraso representa apenas uma diferença de 16,01 horas entre as duas atividades.

#### **Caso 5:**

- Tempo total de execução de 480,22 horas (60 dias e 0,22 horas).
- Atraso acumulado total: 423,13 horas (52 dias e 7,13 horas).
- Espera acumulada total: 17,69 horas (2 dias e 1,69 horas).
- Acúmulo de horas entre a Atividade 1 e a Atividade 2: 13,76 horas.
- Acúmulo de horas entre a Atividade 2 e a Atividade 3: 24,88 horas.
- Acúmulo de horas entre a Atividade 1 e a Atividade 3: 38,64 horas.
- Perdas simultâneas entre as três atividades de 123,22 horas = 69,92% do total de perdas compensadas.

No caso 5 a Atividade 2 – Armação apresenta durante a sua execução a menor ocorrência de esperas (-4,35 horas) e a menor ocorrência de atrasos (116,10 horas). Este comportamento é devido a um índice de produtividade mais equilibrado.

A Atividade 1 – *Steel Deck* foi responsável pela maior ocorrência de atrasos acumulados (158,61 horas) e pela maior porcentagem de atrasos compensados (27,00%).

A Atividade 3 – Concretagem foi responsável pela maior ocorrência de esperas acumuladas (-8,32 horas).

Embora na Atividade 1 – *Steel Deck* possa se observar a maior ocorrência de atrasos, o tempo de execução entre as atividades *Steel Deck* e Armação é menor que entre as atividades Armação e Concretagem.

Dos cinco casos analisados, cada caso, por ser uma distribuição aleatória de dados, tem sua particularidade.

O caso 5 é o caso que apresenta maior tempo de execução, um total de 480,22 horas e o caso 2 é o caso que apresenta menor tempo de execução, em um total de 425,40 horas.

Ainda que o caso 2 seja o caso que tenha levado o menor tempo de execução, o caso 3 é o caso em que as atividades *steel deck*, armação e concretagem apresentam a menor perda gerada por atividades simultâneas, 72,04 horas, em comparação às 110,52 horas geradas no caso 2, ou seja, uma grande diferença.

O caso 3 é o caso que apresenta a maior perda referente a esperas (-11,98 horas – *steel deck*) e o caso 4 é o caso que apresenta a maior perda referente a atrasos (152,87 horas – armação).

O caso 2 apresenta a maior taxa de perdas compensadas simultâneas entre as atividades – 91,10% quando as atividades são executadas juntas.

O caso 4 é o caso que apresenta a menor perda referente a esperas (-3,35 horas – *steel deck*) e o caso 2 é o caso que apresenta a menor perda referente a atrasos (86,55 horas – armação).

Considerando que cada caso pode ser visto como um empreendimento diferente, a análise dos cinco casos citados como exemplo poderia ser considerada como comparação de cinco empreendimentos distintos, embora de características similares, onde a análise das perdas geradas em cada processo deveriam ser estudadas e confrontadas de modo que se pudesse perceber se as falhas ocorridas foram geradas ainda na fase de planejamento ou na fase de execução.

As falhas de planejamento, por uma questão lógica, deveriam ser comuns aos estudos dos cinco casos ou pelo menos de sua maioria e as falhas na execução demonstrariam mais claramente quais os pontos negativos da execução das atividades, pontos estes que deveriam ser corrigidos para assim evitarem-se novas perdas no processo.

### 4.3 Superposição de efeitos

O nível de análise do desperdício gerado pelos atrasos e esperas varia conforme o foco a que se destina. O desperdício pode ser analisado pontualmente (por atividade), pois a tabela fornece informações claras sobre as perdas acumuladas pavimento a pavimento, ou o desperdício pode ser avaliado em conjunto quando se deseja obter informações relativas ao atraso geral do cronograma.

De qualquer maneira, é importante ressaltar que existe a ocorrência de perdas simultâneas e que a soma total do desperdício gerado não significa a medida final de atrasos ou esperas.

Cada atividade apresentará uma medida real de ocorrência de atrasos e esperas e esta base de informações norteará o comportamento da atividade dentro do processo construtivo. É possível saber se a atividade manteve a índice de produtividade mais próxima ao padrão estabelecido ou se esta taxa se distanciou do esperado, impactando diretamente na atividade posterior, que depende de seu encerramento para ser iniciada.

A ocorrência de atrasos em determinada atividade mostra que o desperdício criado embute uma quantidade de horas ao tempo total de execução da atividade posterior que só pode ser percebido em uma análise pontual das atividades.

Desta maneira, é necessário que o estudo das perdas acumuladas seja detalhado quando se deseja saber o real custo gerado e de que maneira este custo muitas vezes é “escondido” ou embutido entre as atividades.

Por este trabalho se tratar da análise de apenas três atividades, fica mais fácil visualizar pequenas perdas do processo, entretanto, em uma cadeia construtiva de atividades seqüenciais de grande número, se faz necessário conhecer as possíveis ferramentas utilizadas para análise das perdas, uma vez que o desperdício se acumula entre as atividades.

Outra maneira de se visualizar as perdas acumuladas no processo de maneira rápida é comparando-se o efeito criado por um simples gráfico de rendimento.



Como exemplo, considere-se a soma das perdas acumuladas apenas pelos atrasos pavimento a pavimento, ou pelas esperas pavimento a pavimento. A soma total por pavimento gera um valor qualquer representado por 100%, onde cada atividade gera uma parcela deste atraso diário.

Nos gráficos representativos de atrasos e esperas, as perdas da atividade *steel deck* são representadas pela cor azul, as perdas da atividade armação são representadas pela cor vermelha e as perdas da atividade concretagem são representadas pela cor verde.

Foram criados dois gráficos, um para visualização dos atrasos e outro para visualização das esperas. Em ambos estão indicados 36 pavimentos.

No caso 01 observa-se que a Atividade 1 – *Steel Deck* apresenta um índice de produtividade menos equilibrado durante a execução dos três primeiros pavimentos e que a Atividade 2 – Armação indica que a ocorrência de atrasos foi pequena nestes três pavimentos.

A Atividade 3 – Concretagem, também manteve índices de produtividade mais baixos durante sua execução, ainda que a medida final de atrasos tenha se aproximado do valor medido pela Atividade 2 – Armação.

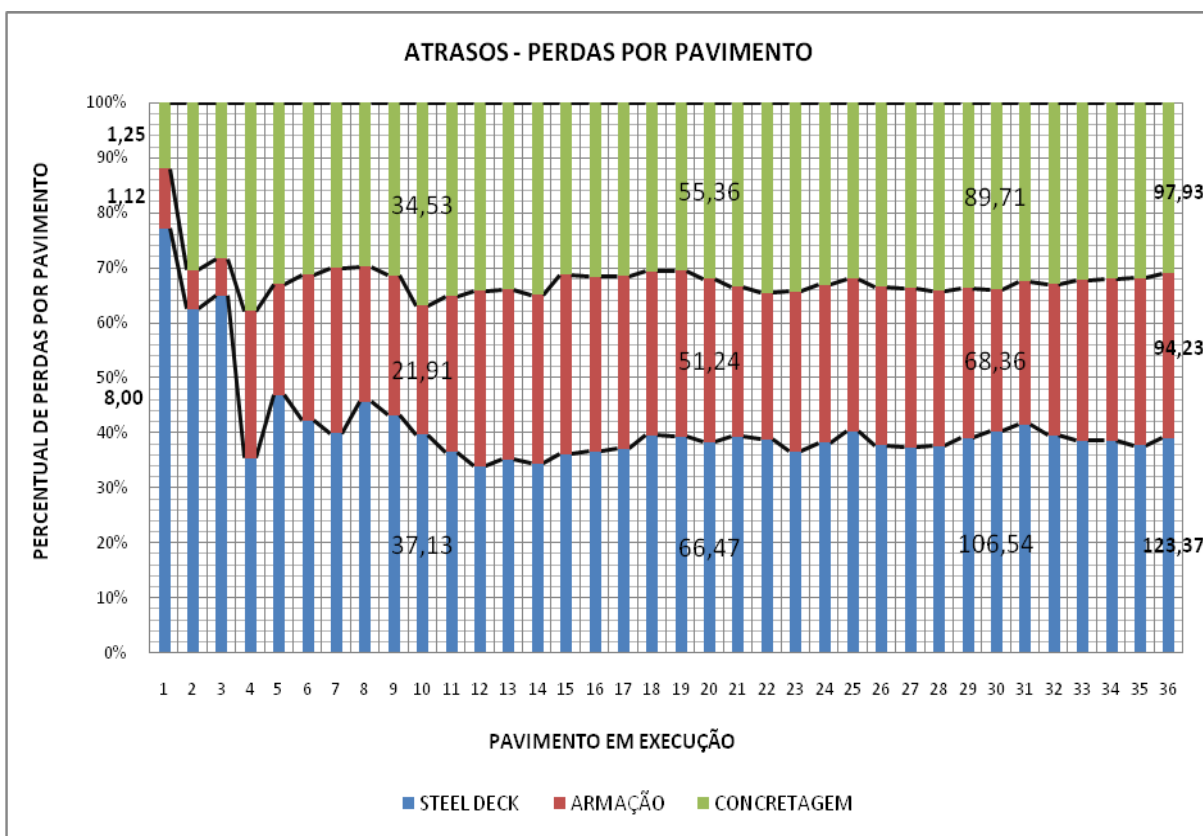


Figura 4.22: Perdas diárias (atrasos) – Caso 01.

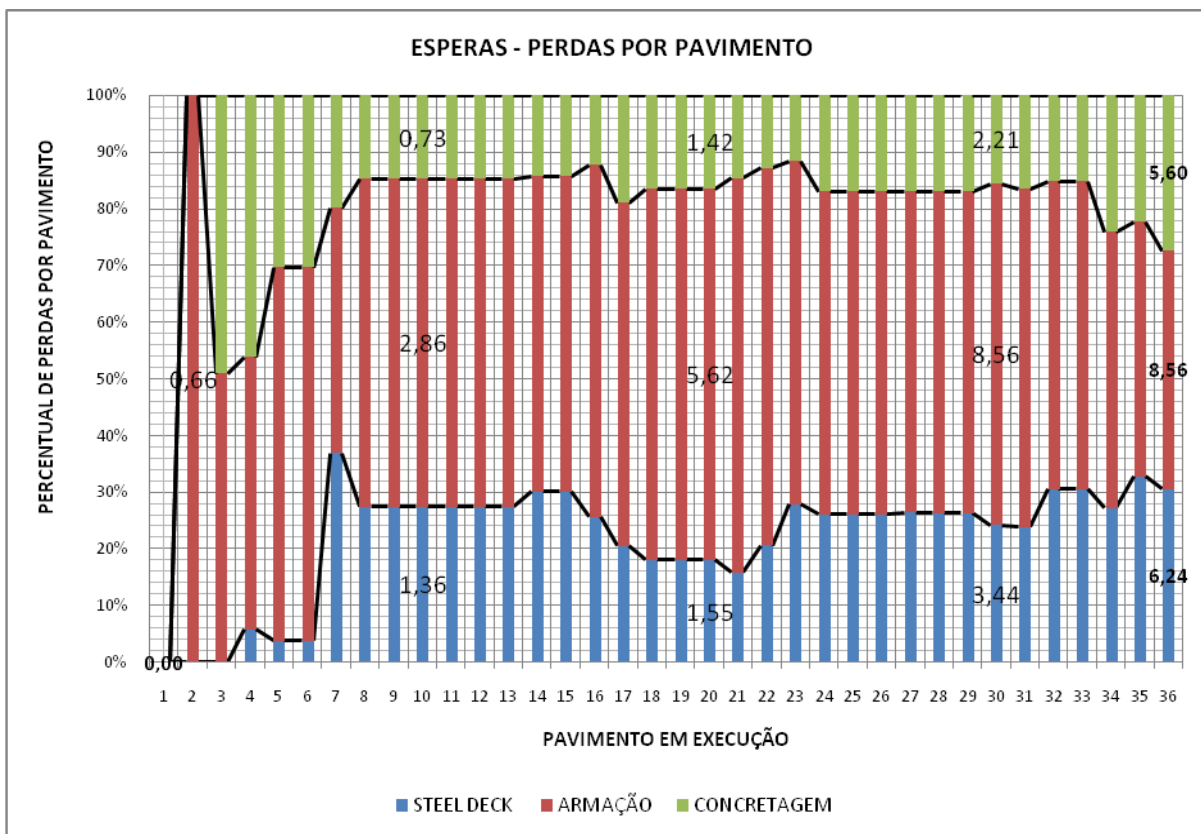


Figura 4.23: Perdas diárias (esperas) – Caso 01.

Observa-se no gráfico de esperas que a Atividade 2 – Armação mantém a maior concentração de medidas de esperas durante toda a sua execução, o que pode ser claramente percebido por meio do contraste de cores.

Percebe-se ainda que não houve ocorrência de esperas no primeiro pavimento em nenhuma das atividades em execução.

Os dados do gráfico podem ser confrontados com os dados da tabela, entretanto, o exame visual proporciona ao observador identificar em que ponto de execução do empreendimento as perdas influenciam de maneira mais objetiva. Desta maneira pode-se dizer que o par de gráficos de atrasos e esperas deixa evidente a superposição de efeitos das atividades após a sua execução, permitindo uma análise pontual do problema e, conseqüentemente, melhor discussão sobre as possíveis práticas a serem adotadas pelo gerenciamento para contorná-lo.

A seguir será mostrado o par de gráficos indicativos de atrasos e esperas dos demais casos analisados anteriormente (caso 02, caso 03, caso 04 e caso 05).

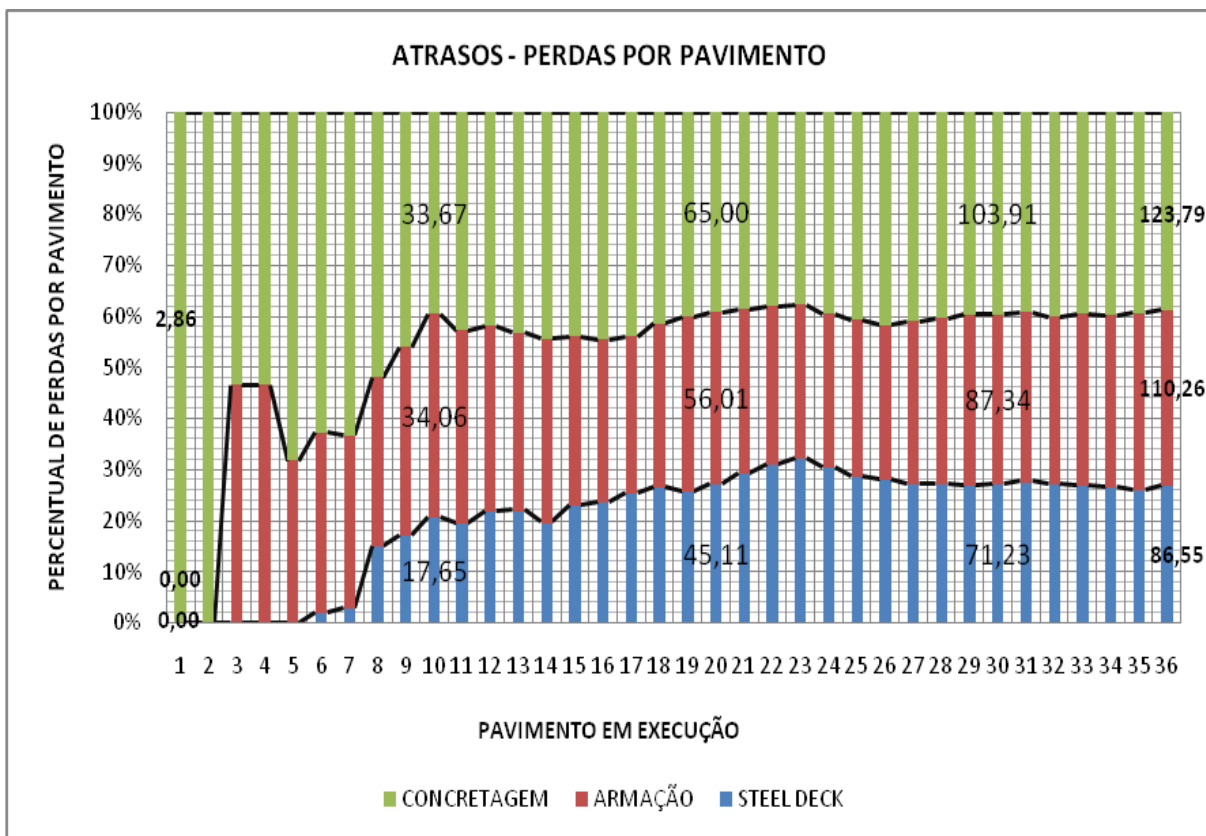


Figura 4.24: Perdas diárias (atrasos) – Caso 02.

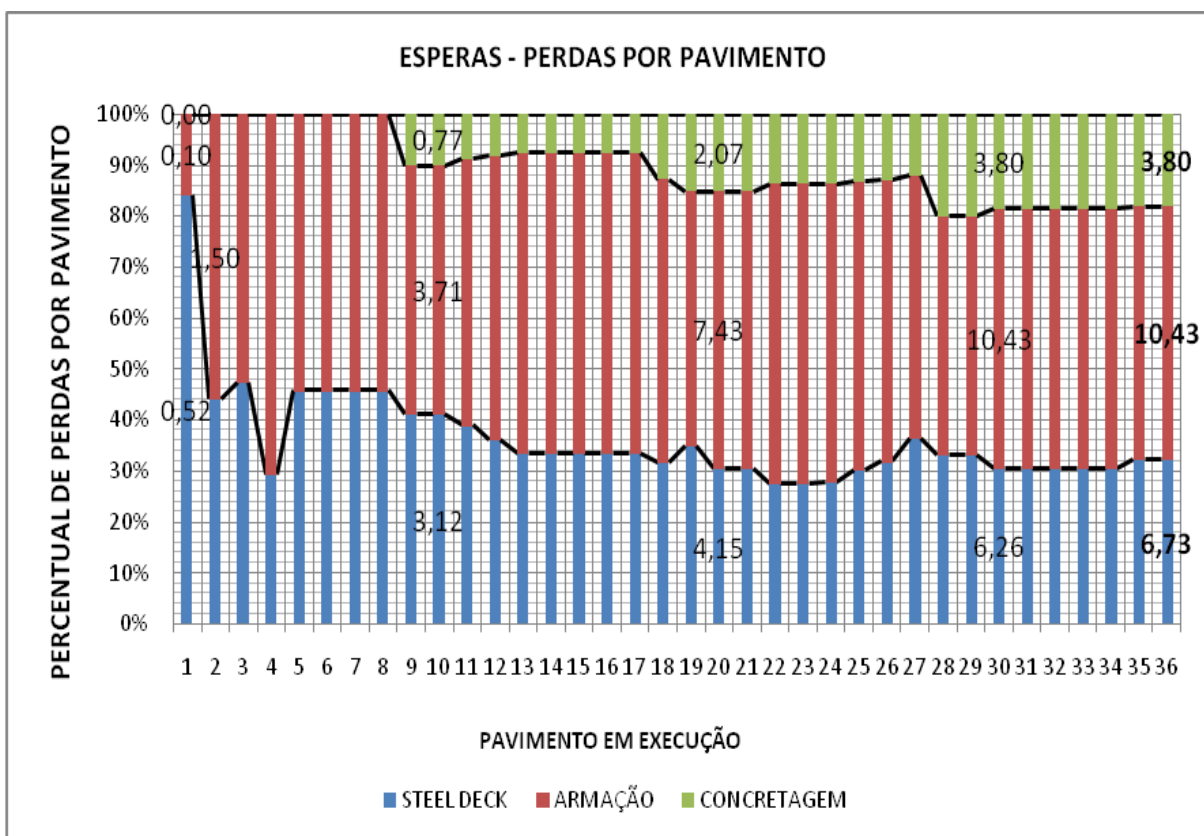


Figura 4.25: Perdas diárias (esperas) – Caso 02.

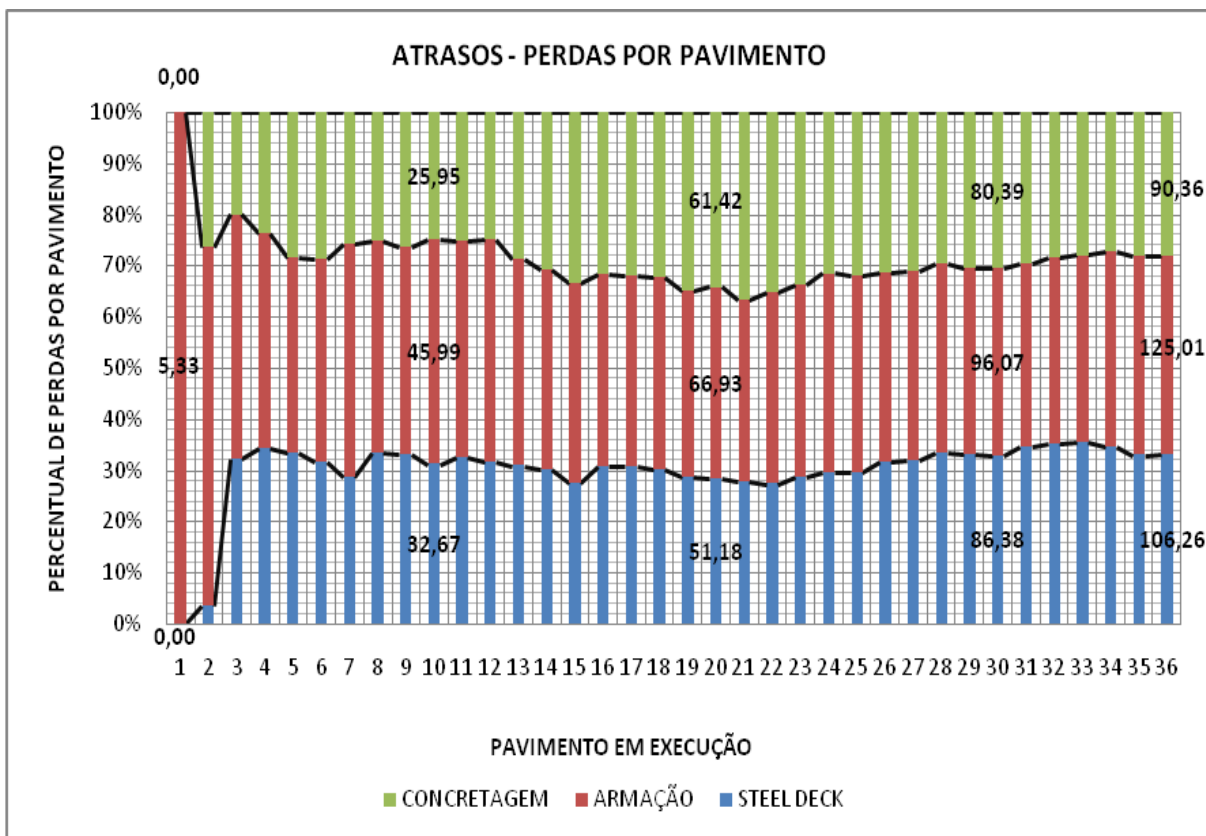


Figura 4.26: Perdas diárias (atrasos) – Caso 03.

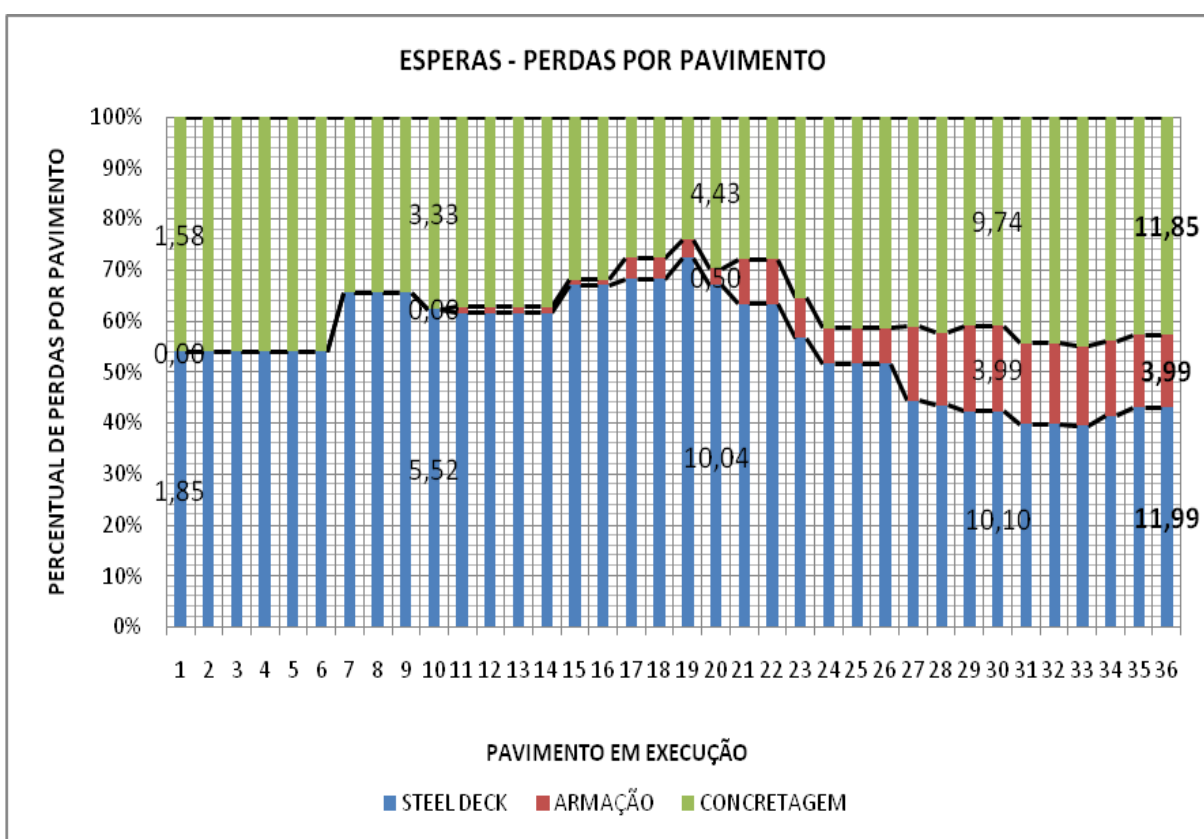


Figura 4.27: Perdas diárias (esperas) – Caso 03.

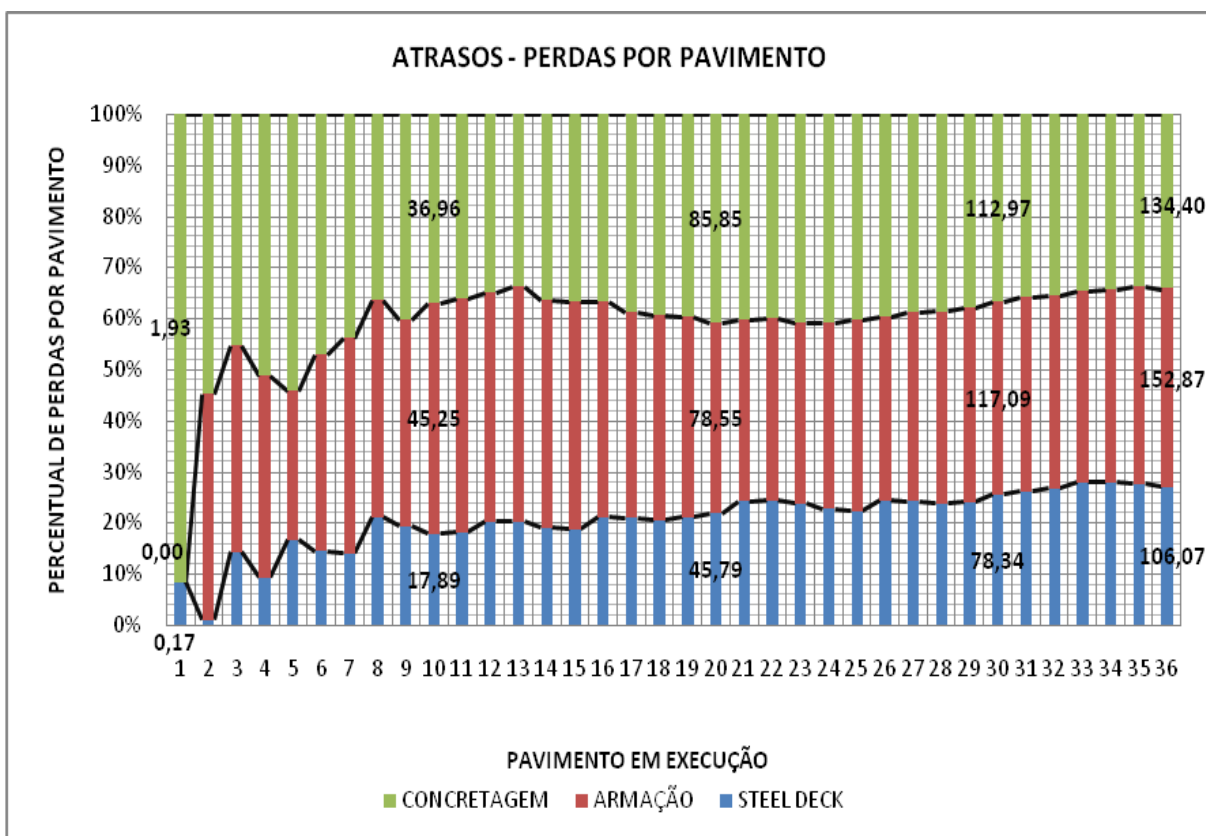


Figura 4.28: Perdas diárias (atrasos) – Caso 04.

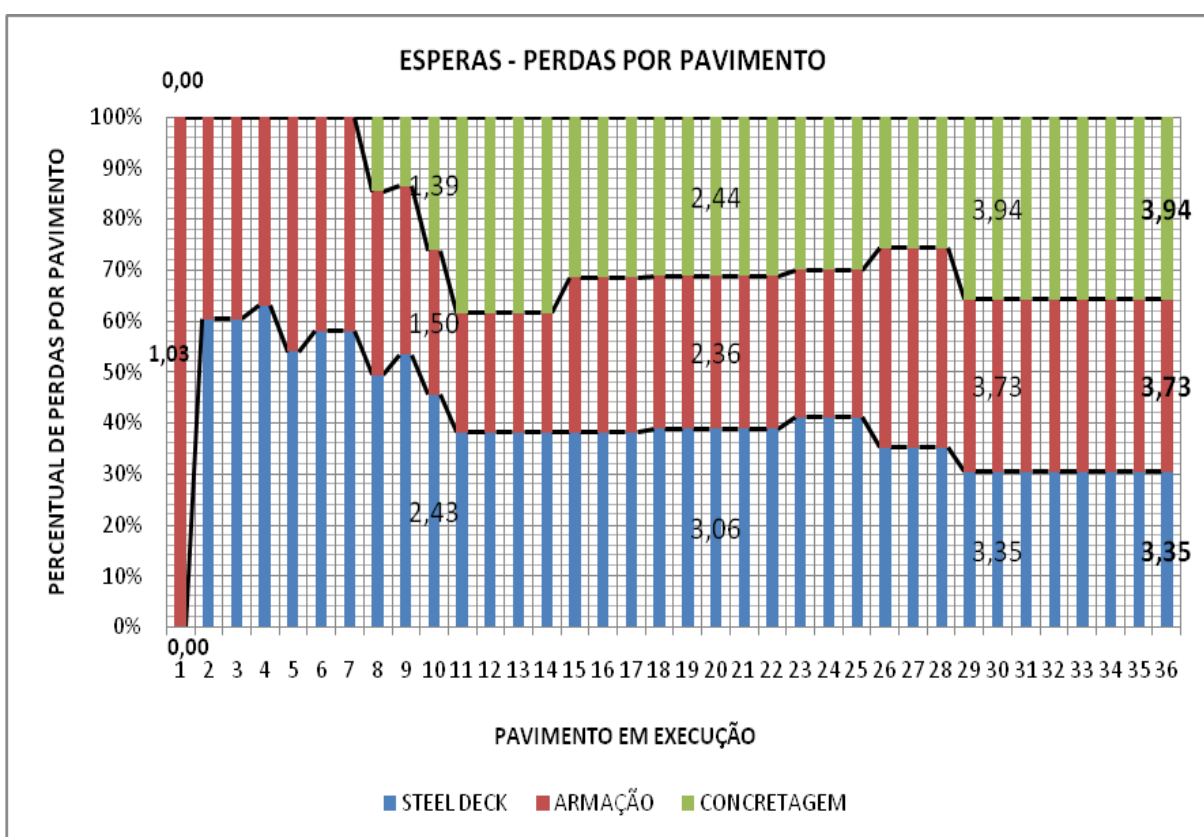


Figura 4.29: Perdas diárias (esperas) – Caso 04.

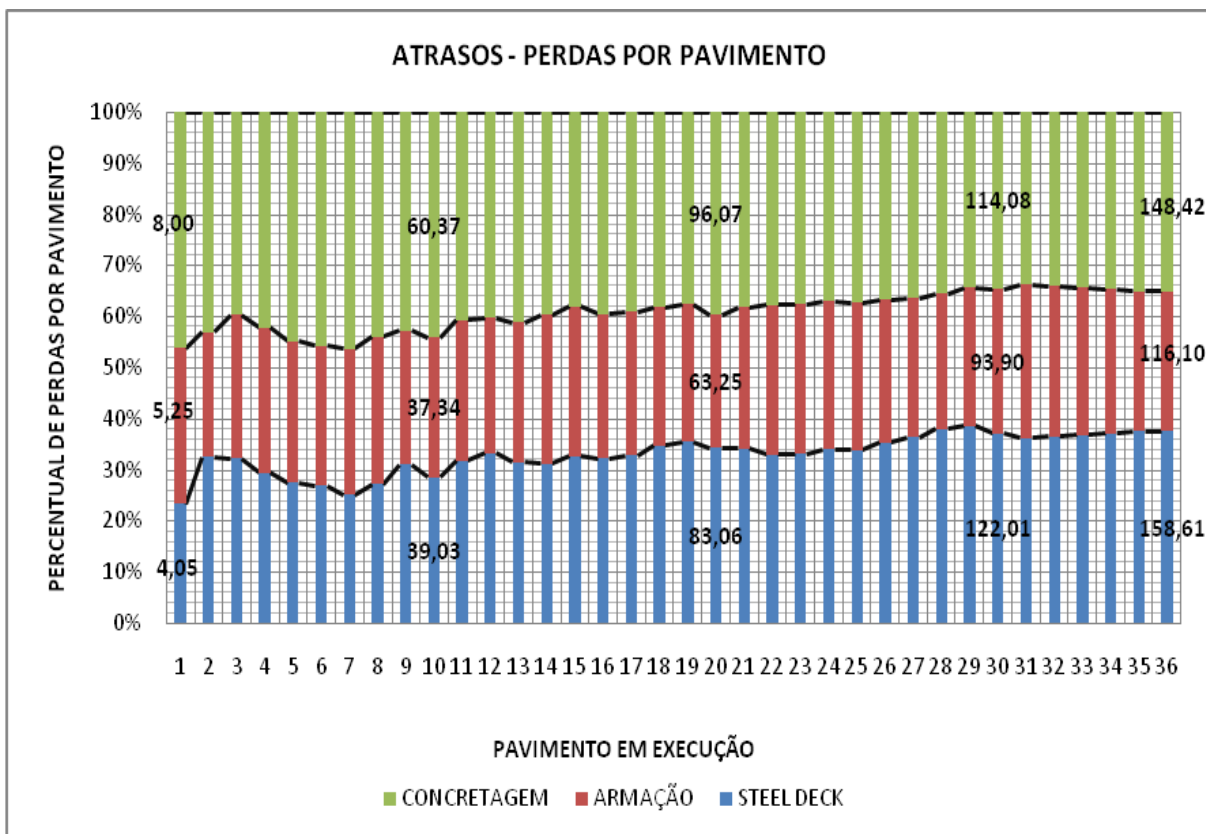


Figura 4.30: Perdas diárias (atrasos) – Caso 05.

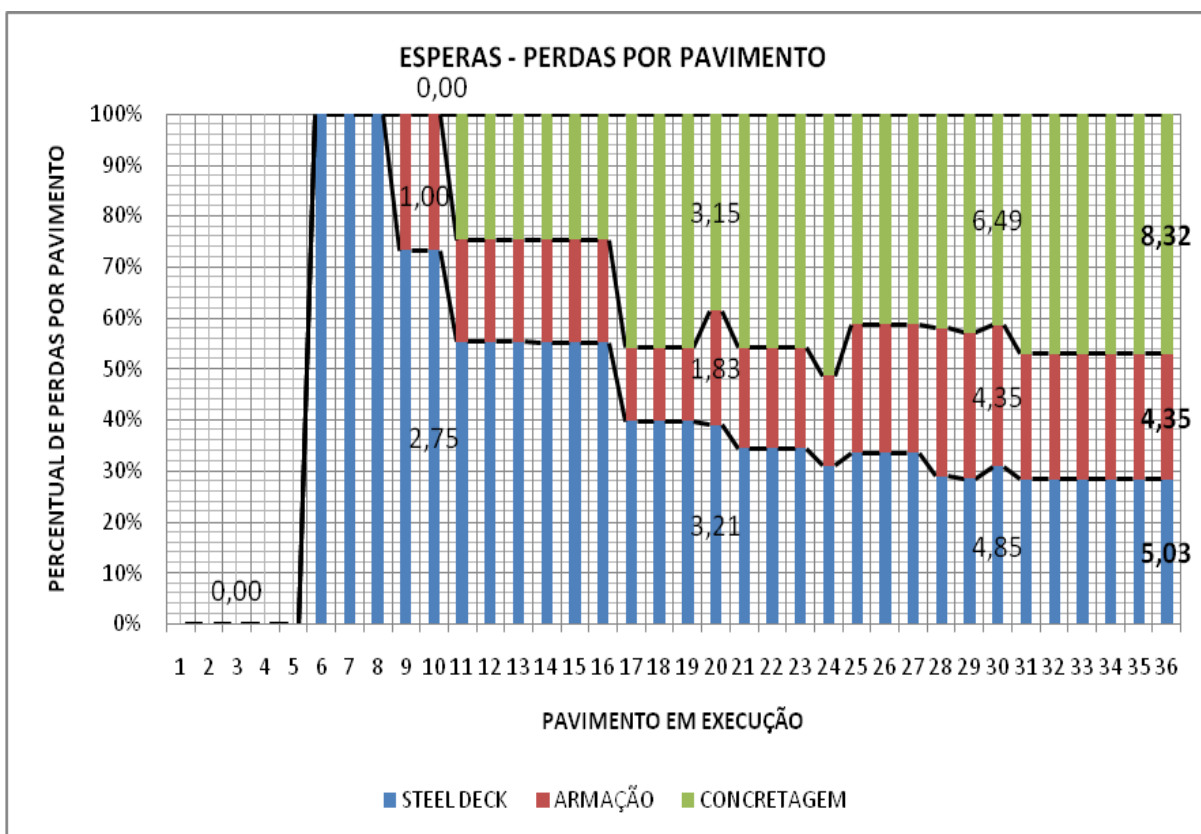


Figura 4.31: Perdas diárias (esperas) – Caso 05.